

UNIwersytet im. Adama Mickiewicza  
w Poznaniu

Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM

Instytut Geoinformacji i Geoekologii

PRACA DOKTORSKA

---

**Wpływ struktury krajobrazu na  
atrakcyjność obszaru zabudowy  
mieszkalnej w Poznaniu**

---

*The impact of landscape structure on the attractiveness  
of the residential area in Poznań*

*Autor:*

Adam DĄBROWSKI

*Promotor:*

Prof. UAM dr hab. Mirosław  
MAKOHONIENKO

Praca doktorska napisana w  
Zakładzie Geologii i Paleogeografii Czwartorzędu

Poznań, 2018



## *Podziękowania*

Serdecznie dziękuję profesorowi Mirosławowi Makohonienko oraz doktorowi Jarosławowi Jasiewiczowi za poświęcony czas, zaangażowanie, wsparcie metodyczne i merytoryczne w pisaniu pracy. Ofiarowane wsparcie pozwoliło mi rozwinąć się naukowo nie tylko w zakresie pisanej pracy ale również poza nią.

Specjalne podziękowania składam również żonie, rodzicom, bratu i przyjaciołom, którzy wspierali mnie na każdym etapie pracy doktorskiej.





# Spis treści

<b>Podziękowania</b>	<b>iii</b>
<b>1 Wstęp</b>	<b>1</b>
1.1 Zakres badań . . . . .	1
<b>2 Podstawy metodologiczne oceny atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej</b>	<b>7</b>
2.1 Atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej . . . . .	7
2.1.1 Wpływ cech indywidualnych na postrzeganie atrakcyjności przestrzeni . . . . .	9
2.1.2 Wpływ struktury krajobrazu miejskiego na atrakcyjność miejsca zamieszkania . . . . .	13
2.2 Krajobraz miejski jako jedna z odmian krajobrazu . . . . .	14
2.2.1 Struktura krajobrazu . . . . .	17
2.2.2 Potencjał krajobrazowy . . . . .	18
2.2.3 Usługi krajobrazowe/świadczenia ekosystemowe . . . . .	19
2.2.4 Funkcjonowanie krajobrazu . . . . .	20
2.2.5 Podział krajobrazu na jednostki o jednolitej strukturze wewnętrznej . . . . .	20
2.3 Metody oceny atrakcyjności miejsca zamieszkania . . . . .	24
2.3.1 Badania ankietowe . . . . .	24
2.3.2 Bonitacja punktowa . . . . .	25
2.3.3 Analiza korzyści-strat . . . . .	25
2.3.4 Wartość lokalizacji . . . . .	25
2.3.5 Modelowanie hedoniczne . . . . .	26
2.4 Stan wiedzy na temat atrakcyjności miejsca zamieszkania w Poznaniu	34
<b>3 Źródła danych wykorzystanych w procesie oceny atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej</b>	<b>39</b>
3.1 Rejestr Cen i Wartości Nieruchomości . . . . .	39
3.1.1 Charakterystyka czasowa rynku nieruchomości w Poznaniu . .	40
3.2 Baza Danych Obiektów Topograficznych . . . . .	41
3.3 LiDAR . . . . .	44
3.4 Pokrycie i użytkowanie terenu . . . . .	44
3.4.1 Pokrycie terenu - <i>Corine Land Cover</i> i <i>Urban Atlas</i> . . . . .	45
3.4.2 Szczegółowa Mapa Pokrycia Terenu . . . . .	45
3.5 Dostępność . . . . .	55
3.5.1 Rastry kosztów poruszania się . . . . .	55
3.5.2 Pośrednia miara dostępności <i>space syntax</i> . . . . .	57

<b>4</b>	<b>Czasowa i przestrzenna zmienność krajobrazu</b>	<b>61</b>
4.1	Czaso-przestrzenna analiza struktury pokrycia i użytkowania terenu w Poznaniu . . . . .	61
4.1.1	Przestrzenne gradienty zmian pokrycia terenu w Poznaniu . . .	65
4.1.2	Wpływ zmian struktury krajobrazu na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej . . . . .	70
4.2	Przestrzenne zróżnicowanie dostępności w mieście . . . . .	70
4.3	Przestrzenne zróżnicowanie ukształtowania terenu w mieście . . . . .	73
4.4	Regionalizacja obszaru miasta na jednostki o jednolitym krajobrazie . .	75
4.4.1	Metodyka wyznaczania subrynków nieruchomości w Poznaniu	75
4.4.2	Charakterystyka subrynków . . . . .	78
<b>5</b>	<b>Metodyka analizy wpływu krajobrazu na atrakcyjność miejsca zamieszkania</b>	<b>91</b>
5.1	Schemat postępowania badawczego . . . . .	91
5.2	Metodyka wyboru zmiennych niezależnych . . . . .	93
5.2.1	Wybór rodzaju dostępności . . . . .	94
5.2.2	Wielkość sąsiedztwa . . . . .	95
5.2.3	Wybór zmiennych do modeli holistycznych . . . . .	97
5.2.4	Wybór zmiennych do modeli subrynkowych . . . . .	97
5.3	Modelowanie . . . . .	98
5.3.1	Regresja liniowa . . . . .	98
5.3.2	Zgeneralizowane modelowanie addytywne . . . . .	99
5.3.3	Lasy losowe . . . . .	99
5.4	Prognoza . . . . .	100
<b>6</b>	<b>Wpływ wybranych elementów krajobrazu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej</b>	<b>103</b>
6.1	Holistyczne modelowanie hedoniczne atrakcyjności krajobrazu . . . .	104
6.1.1	Holistyczny model regresji liniowej . . . . .	104
6.1.2	Holistyczny zgeneralizowany model addytywny (GAM) . . . .	108
6.1.3	Holistyczny model lasów losowych . . . . .	109
6.2	Hedoniczne modelowanie atrakcyjności krajobrazu wewnątrz subrynków . . . . .	115
6.3	Podsumowanie wpływu elementów struktury krajobrazu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej w Poznaniu . . . . .	146
6.4	Porównanie wykorzystanych metod modelowania hedonicznego . . .	149
<b>7</b>	<b>Ocena atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej</b>	<b>153</b>
7.1	Waloryzacja w oparciu o modele holistyczne . . . . .	153
7.1.1	Ranking osiedli . . . . .	156
7.2	Waloryzacja w oparciu o modele subrynków . . . . .	158
7.2.1	Subrynek 5 - Łazarz . . . . .	161
7.2.2	Subrynek 6 - Jeżyce/Ogrody . . . . .	161
7.3	Porównanie wykorzystanych metod i wyników waloryzacji obszaru zabudowy mieszkalnej . . . . .	163
<b>8</b>	<b>Dyskusja</b>	<b>167</b>
8.1	Ograniczenia zaproponowanej metodyki oceny atrakcyjności obszaru miejsca zamieszkania . . . . .	167
8.2	Zastosowanie . . . . .	169

8.3 Perspektywy badawcze . . . . .	169
<b>9 Podsumowanie</b>	<b>173</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>175</b>
<b>A Lista zmiennych niezależnych użytych w procedurze modelowania</b>	<b>189</b>
<b>B Waloryzacja subrynków</b>	<b>217</b>
<b>Spis rycin</b>	<b>229</b>
<b>Spis tabel</b>	<b>237</b>



## Rozdział 1

# Wstęp

### 1.1. Zakres badań

Jednym z kluczowych czynników kształtujących decyzje o lokalizacji miejsca zamieszkania jest cena. Nie da się zapewnić wszystkim mieszkańcom idealnego miejsca do życia, o wygodnym dostępie do pracy czy szkoły, doskonałej jakości środowiska i wysokich walorach estetycznych. **Kryterium ograniczającym nasze decyzje prawie zawsze będzie cena, jaką należy zapłacić za dane mieszkanie.** Może to się przekładać na zakup mniejszego metrażu, ale może też wymusić rezygnację z atrakcyjnego widoku. Mimo indywidualnych preferencji zarobki dyktują nam maksymalną kwotę jaką jesteśmy gotowi zapłacić za mieszkanie wpływając bardzo silnie na to, co ostatecznie zostanie wybrane. Choć stan mieszkania, jego cechy fizyczne takie jak powierzchnia, liczba łazienek, czy garaż wpływają zasadniczo na cenę mieszkania, jego lokalizacja jest drugim w kolejności czynnikiem kształtującym ceny. **W wyniku interakcji pomiędzy popytem i podażą na rynku nieruchomości kształtuje się w ten sposób obiektywna wartość atrakcyjności obszaru miejsca zamieszkania.**

Miejsce zamieszkania to również strefa odpoczynku i relaksu (Matsuoka i in., 2008) zapewniające także poczucie bezpieczeństwa (Lewicka i in., 2008b). Przeprowadzone badania (m.in. Ceccato i in., 2011b) wykazują istotną korelację pomiędzy poczuciem bezpieczeństwa czy liczbą przestępstw, a strukturą krajobrazu. Donovan (2012) wykazał m.in., że udział roślinności wysokiej w Portland (w stanie Oregon, USA) posiada pozytywny wpływ na poczucie bezpieczeństwa, zaś z badań Very (2016) wynika, że wąskie ulice o wysokiej zabudowie powodują u mieszkańców poczucie zamknięcia, izolacji, jak również występuje tam więcej przestępstw.

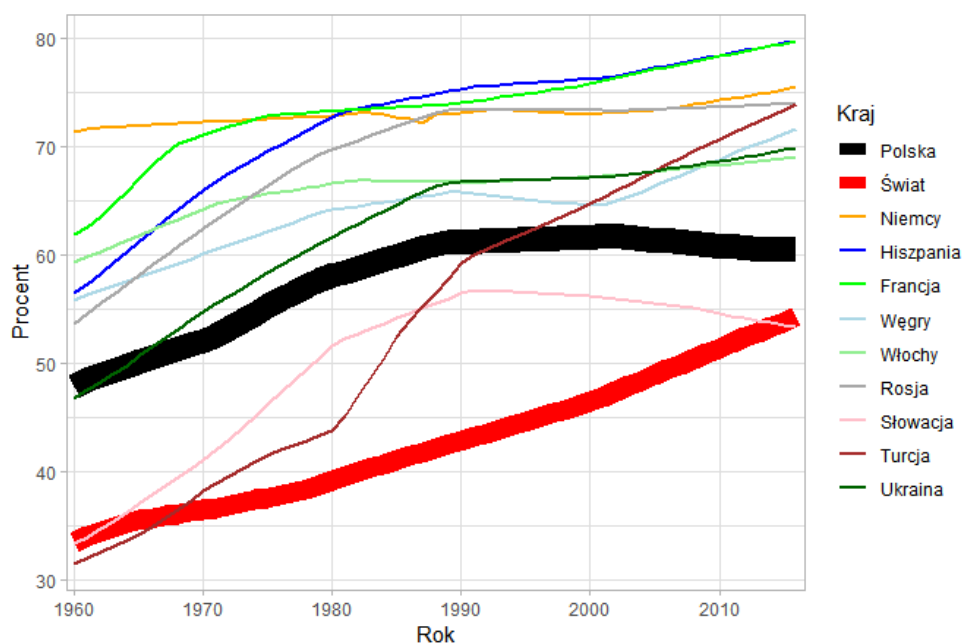
Niniejsza praca ma na celu **rozpoznanie problemu oceny atrakcyjności obszaru miejskiej zabudowy mieszkalnej poprzez oszacowanie wpływu czynników przestrzennych (elementów krajobrazu miejskiego) na ceny m<sup>2</sup> nieruchomości oraz waloryzację przestrzenną obszarów mieszkalnych w obrębie miasta Poznania.** Cena m<sup>2</sup> nieruchomości traktowana jest w niniejszej pracy jako przybliżona miara atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej, co szerzej uzasadnione zostało w rozdziale 2. Choć temat atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej jest istotny m.in. z punktu widzenia jakości życia mieszkańców pozostaje on wciąż słabo rozpoznany w literaturze krajowej i światowej.

Tematyką oceny jakości przestrzeni (waloryzacji) w Polsce zajmowano się od dawna. Jedno z najstarszych odwołań do tej tematyki w literaturze zostało podjęte w pracy Daszyńskiej z 1928 roku pt. „Mieszkanie jako problem polityki społecznej” (Daszyńska-Golińska, 1928). Autorka stwierdza, że „człowiek współczesny w naszym klimacie większą część życia spędza w mieszkaniu, a zdrowie jego, usposobienie, moralność, a nawet sprawność do pracy i czynu, zawisły w znacznym stopniu

od środowiska w jakim przebywa”. Problematyka waloryzacji przestrzeni miejskiej do tej pory nie została jednak dostatecznie zbadana. Do głównych przyczyn takiej sytuacji można zaliczyć m.in. wysoki poziom heterogeniczności przestrzeni miejskiej, czy dynamika zachodzących w niej zmian, jak również niedostatek metod i technik geoinformacyjnych silnie rozwijanych dopiero w ostatnich dekadach (Longley i in., 2005).

Zagadnienie jakości obszaru zabudowy mieszkalnej dotyka bezpośrednio każdego człowieka posiadającego stałe lub tymczasowe miejsce zamieszkania, zaś problem ten jest szczególnie istotny w obszarach zurbanizowanych, gdzie antropopresja znacząco wpływa na jakość środowiska (Newman, 2006). Miasta w naturalny sposób przyciągają ludzi. Stanowią obszary koncentracji miejsc pracy, rozwoju nauki i wydarzeń kulturalnych (Batty i in., 1999). Zalety miast stanowią o ich atrakcyjności dla mieszkańców, co przekłada się na systematyczny wzrost liczby ludności w obszarach zurbanizowanych (Ryc. 1.1). W XX wieku całkowita liczba ludności na świecie wzrosła 10-krotnie z 224 milionów do 2,9 miliarda osób (Sadik, 1990), zaś spodziewany wzrost populacji między 2000, a 2030 rokiem będzie miał miejsce głównie w obszarach zurbanizowanych (Sadik, 1990).

W Polskich miastach trend ten jest również zauważalny od dawna i, choć obecnie w dużych miastach (o liczbie ludności powyżej 200 tysięcy mieszkańców) dominuje proces suburbanizacji (Szymbańska i in., 2002), wciąż ponad połowa obywateli Polski mieszka w granicach administracyjnych dużych miast (60,3% wg danych Banku Danych Lokalnych za rok 2017, *Główny Urząd Statystyczny Bank Danych Lokalnych* 2017).



RYC. 1.1: Zmiany udziału liczby ludności mieszkającej w obszarach zurbanizowanych w latach 1960 - 2015 w wybranych krajach, *World Data Bank* 2017

Mimo dominującego udziału społeczności miejskiej w strukturze populacyjnej do tej pory nie zostały w Polsce przeprowadzone badania mające na celu dokonanie oceny istniejącej zabudowy mieszkalnej pod kątem jej atrakcyjności z użyciem metod uczenia maszynowego. Niniejsza praca stanowi próbę określenia, **w jaki sposób struktura krajobrazu miejskiego wpływa na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej na przykładzie miasta Poznania**. Na podstawie istniejącej literatury (Kestens i in., 2002; Muller, 2009; Wang i in., 2015) można postawić hipotezę, że **ma istotny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania w mieście**. Zdaniem autora **wpływ ten jest mierzalny, a samą wartość atrakcyjności można przybliżyć poprzez modelowanie ceny m<sup>2</sup> lokali mieszkalnych**. Tak rozumiana atrakcyjność może być traktowana jako funkcja składnika ceny transakcji nieruchomości, który to składnik wynika z położenia i otoczenia nieruchomości po usunięciu wpływu cech strukturalnych nieruchomości (powierzchni, kondygnacji, liczby izb, itp). Na podstawie tak zdefiniowanego problemu w dalszej części pracy zrealizowano dwa cele badawcze szerzej opisane w rozdziale 6 i 7: **rozpoznano relację pomiędzy wybranymi elementami krajobrazu miasta, a ceną m<sup>2</sup> nieruchomości oraz dokonano waloryzacji obszaru zabudowy mieszkalnej za pomocą przestrzennej prognozy opartej o wcześniej rozpoznane relacje**.

Choć stan literatury dotyczący **waloryzacji przestrzeni miejskiej z użyciem modelowania cen nieruchomości** jest stosunkowo ubogi (D'Acci, 2014, Guzik, 2008), liczne są badania dotyczące samego modelowania cen nieruchomości (Smith i in., 1995; Nelson, 2004; Sirmans i in., 2006; Debrezion i in., 2007b). Większość z tych prac ma na celu modelowanie cen nieruchomości to jest predykcję wartości nieruchomości lub określenie jednostkowego wpływu zmiennych niezależnych na cenę m<sup>2</sup> sprzedawanej nieruchomości. Celem niniejszej pracy jest pójście o krok dalej, a mianowicie **rozpoznanie relacji pomiędzy strukturą przestrzenną krajobrazu a ceną m<sup>2</sup> z zamiarem wyceny wpływu komponentu przestrzennego jakim jest krajobraz**. Ta wycena stanowi wartość, jaką mieszkańcy (aktorzy na rynku transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości) nadają miejscu zamieszkania. Tym samym można w ten sposób określić przybliżoną atrakcyjność miejsca.

Na podstawie przeanalizowanej relacji między wybranymi elementami krajobrazu, a ceną m<sup>2</sup> nieruchomości możliwe będzie przeprowadzenie modelowania atrakcyjności zabudowy mieszkalnej w Poznaniu, a w konsekwencji waloryzacji przestrzeni zabudowy mieszkalnej miasta.

Podczas realizacji pracy konieczne okazało się wypracowanie nowej zobiektywizowanej metodologii analizy atrakcyjności zabudowy mieszkalnej wychodzącej poza badania ankietowe, opartej o modelowanie hedoniczne. W rezultacie do zadań badawczych zaliczone zostało (1) opracowanie autorskich metod tworzenia szczegółowych map pokrycia terenu oraz (2) regionalizacji przestrzennej obszarów zurbanizowanych (na podstawie której powstał gotowy pakiet w języku programowania R). Podejście to pozwoliło w sposób szczegółowy przeprowadzić charakterystykę krajobrazu miasta Poznania (Rozdział 4), co nie zostało wcześniej dokonane. Dzięki tym osiągnięciom możliwe było przeprowadzenie oceny wpływu poszczególnych czynników przestrzennych na cenę m<sup>2</sup> oraz waloryzacji przestrzennej zabudowy mieszkalnej.

Wiedza o tym, w jaki sposób poszczególne elementy krajobrazu lub ich kombinacje wpływają na jakość miejsca zamieszkania może wspomóc kształtowanie przestrzeni miejskiej przyjaznej człowiekowi, poprawiając m.in. jakość życia i stan zdrowia mieszkańców (Cesarski, 2012). Wiele badań wskazuje, że na stan zdrowia wpływa

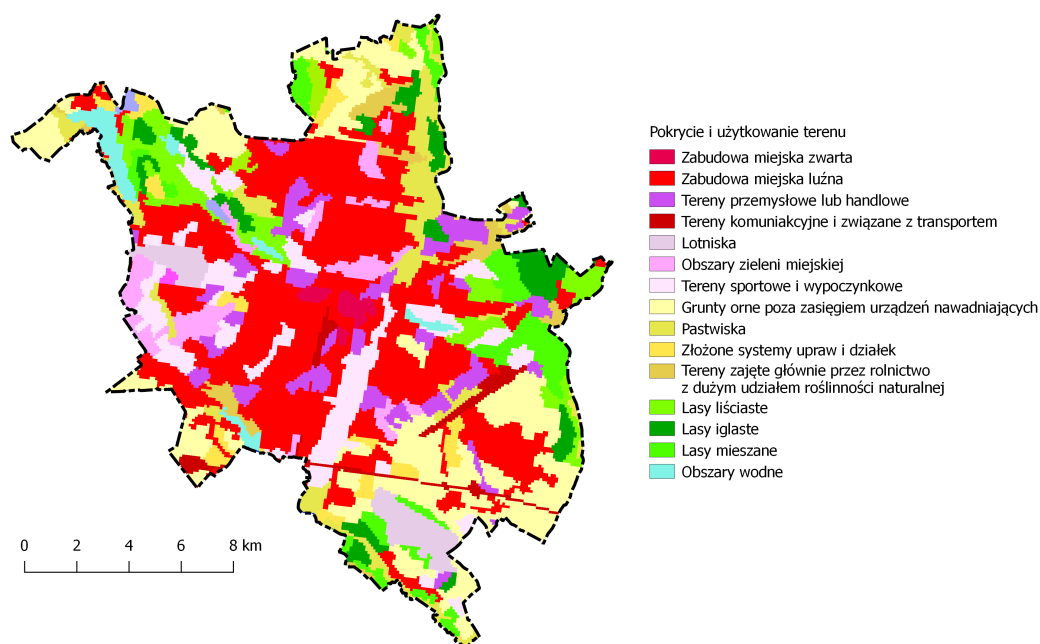
jakość środowiska, która jest bezpośrednio związana z takimi elementami krajobrazu jak układ ulic (natężenie ruchu samochodowego generuje zanieczyszczenia powietrza oraz hałas oddziałujący negatywnie na układ nerwowy i psychiczny człowieka, Lovell i in., 2009), lokalizacja zakładów przemysłowych (zanieczyszczenia powietrza i generowany hałas, Nilsson, 2013), czy udział drzew w strukturze pokrycia terenu (redukujący stres i poprawiający jakość powietrza, Jacobs, 2011). Ponadto, bliskość większych obszarowo obiektów przyrodniczych (lasów, parków czy jezior) wpływa znacząco na możliwości aktywnego wypoczynku na świeżym powietrzu poprawiając kondycję psycho-fizyczną mieszkańców (Lewicka i in., 2008a). Przykładowo, według badań Czepkiewicza (2017) mieszkańcy Poznania chętniej korzystają z parków jeśli odległość od miejsca zamieszkania nie przekracza 400 m. Przeprowadzone przez tegoż Autora badania stanowią jedną z ważniejszych prac związanych z tematyką wpływu zieleni miejskiej na jakość życia mieszkańców i choć temat ten jest silnie związany z zagadnieniem poruszonym w niniejszej pracy, prezentują one zasadniczo inne podejścia. Praca Czepkiewicza została przeprowadzona w oparciu o dane ankietowe zebrane wśród mieszkańców miasta, natomiast **niniejsza praca przedstawia podejście oparte o modelowanie zmiennej zależnej, za którą przyjęto cenę m<sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego. Metoda ta pozwala oszacować wpływ zmiennych niezależnych, reprezentujących w niniejszej pracy elementy struktury krajobrazu miejskiego na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości.** Podejście to uznawane jest za bardziej obiektywny sposób mierzenia zależności przestrzennych niż badania ankietowe, które często ukazują subiektywną opinię poszczególnych mieszkańców (Guzik, 2008; D'Acci, 2014).

Przedmiotem niniejszych badań jest przestrzeń miejska poddana waloryzacji. Z metodologicznego punktu widzenia 'przestrzeń' jest pojęciem wieloznacznym, które nawet przez geografów rozumiane jest na wiele sposobów. Przestrzeń może być abstrakcyjna, obiektywna, subiektywna, rzeczywista, konkretna, itp. (Lisowski, 2003). Lisowski w kompleksowy sposób dokonał przeglądu koncepcji przestrzeni będącej przedmiotem badań geografów, wraz z szeroką dyskusją na ten temat. Za ujęciem Lisowskiego opisanym w pracy Kaczmarka (2014) uznamy więc przestrzeń miejską jako jedną z wielu podprzestrzeni realnej przestrzeni geograficznej. Kwestia krajobrazu miejskiego została szerzej opisana w rozdziale 2.2.

W niniejszej pracy analizowana przestrzeń jest *de facto* wycinkiem całkowitej przestrzeni miejskiej. Ze względu na charakter pracy (analizę atrakcyjności miejsca zamieszkania) nie jest możliwe zastosowanie prezentowanej metodyki do waloryzacji obszarów wodnych lub innych terenów wyłączonych spod zabudowy mieszkalnej takich jak obszary przemysłowe lub handlowo-usługowe. Wiele czynników posiadających wpływ na wspomnianą atrakcyjność nie występuje w obszarach niezabudowanych. Z tego względu przestrzeń miejska, poddana przestrzennej predykcji atrakcyjności na podstawie opracowanych modeli, ograniczona jest do obszarów zabudowy mieszkalnej rozumianej jako obszary reprezentowane w bazie Corine Land Cover z 2012 roku jako zabudowa miejska zwarta oraz luźna (1.2). Obszary te obejmują powierzchnię 8 569 ha w granicach administracyjnych miasta Poznania.

Na potrzeby niniejszej pracy jako obszar badań zostało wybrano miasto Poznań, co jest uzasadnione znajomością terenu oraz dostępnością danych w formacie umożliwiającym ich łatwe przetwarzanie i analizę. Ze względu na dostępność danych, zakres czasowy ograniczony został do lat 2008-2014. Dane stanowiące podstawowe źródło informacji o strukturze miasta (Baza Danych Obiektów Topograficznych w





RYC. 1.2: Pokrycie i użytkowanie terenu wg *Corine Land Cover* z roku 2012. Obszarem badań w niniejszej pracy jest przestrzeń zaklasyfikowana jako zabudowa miejska zwarta oraz luźna.

skali 1:10 000) pozyskane zostały dla roku 2011, w związku z czym ograniczono czas analizy do +/- 3 lat od niniejszego roku traktowanego jako rok referencyjny, dla którego pozyskano te dane. Szczegółowa charakterystyka obszaru badań przedstawiona została w rozdziale 4 i opracowana została z wykorzystaniem szeregu narzędzi geoinformacyjnych (Werner, 1992).

W pracy zaznaczają się dwa nurty: metodyczny oraz wynikowy. Istotną częścią pracy są kwestie metodyczne wynikające z wypracowania nowych narzędzi, ale i wyniki oraz ich interpretacja pozwalające przeanalizować przestrzenną heterogeniczność atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej. W związku z powyższym dalsza część pracy została podzielona na 8 części.

W rozdziale drugim opisane zostały podstawowe pojęcia związane z przedmiotem badań jakim jest atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej. Zdefiniowane zostały użyte w pracy pojęcia oraz przedstawiony obecny stan wiedzy dotyczącej zagadnienia znajdującego się na styku badań krajobrazowych oraz geografii miast.

Następnie przedstawione zostały pozyskane **źródła danych** oraz sposób ich przetwarzania na potrzeby realizacji tematu. Rozdział ten ukazuje również **zaproponowaną na potrzeby niniejszej pracy metodykę opracowywania szczegółowych map pokrycia terenu** (Dąbrowski, 2016).

W kolejnym rozdziale ukazano czasową i przestrzenną strukturę krajobrazu obszaru badań. Do tej pory nie zostało przygotowane tego typu kompleksowe opracowanie, w związku z czym autor uznał za konieczne (zanim struktura krajobrazu zostanie poddana waloryzacji) szczegółowe jej scharakteryzowanie na podstawie opisanych w rozdziale 3 źródeł danych. W tym też rozdziale obszar miasta **poddano regionalizacji na jednostki charakteryzujące się spójną strukturą przestrzenną wydzielając tzw. subryniki**. Zgodnie z obecnym stanem literatury (Bourassa i in., 2003; Xiao, 2012) zabieg ten pozwala poprawić jakość modelowania oraz określić wpływ lokalnych czynników na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej. Sama **regionalizacja została wykonana za pomocą autorskiej metody** zaimplementowanej w postaci pakietu 'dspace' (Rozdział 4.4.1) udostępnionego do powszechnego użycia na licencji GNU (*Genereal Public Licence*, o udostępnionym kodzie źródłowym).

Rozdział piąty prezentuje dwustopniową **metodykę analizy wpływu struktury krajobrazu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej**. Opisany został schemat badawczy oraz zastosowane metody, które wykorzystując przygotowane (w rozdziale 3) i przedstawione (w rozdziale 4 oraz w załączniku A) zmienne niezależne, charakteryzujące strukturę krajobrazu miejskiego, modelują ich wpływ na cenę nieruchomości dokonując tym samym oszacowania ich wpływu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej.

W kolejnym rozdziale przedstawione zostały wyniki modelowania hedonicznego mającego na celu oszacowanie **wpływu wybranych elementów na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej wyrażonego w postaci wartości pieniężnej jaką mieszkańcy Poznania gotowi są zapłacić za mieszkanie w miejscu o określonych charakterystykach przestrzennych**.

Siódmy rozdział ukazuje przestrzenne zróżnicowanie atrakcyjności miejsca zamieszkania, a więc waloryzację obszaru zabudowy mieszkalnej Poznania. Mapy atrakcyjności uzyskane zostały w wyniku prognoz przestrzennych na podstawie opisanych w rozdziale 6 modeli.

Rozdział 8 poddaje ocenie uzyskane wyniki, zaś całość pracy zostaje podsumowana w ostatnim rozdziale.

## Rozdział 2

# Podstawy metodologiczne oceny atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej

Kwestia atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej istotna jest z punktu widzenia zarządzania przestrzenią miejską (Kronenberg, 2012), tworzenia planów zagospodarowania przestrzennego (Masik i in., 2010), wyceny nieruchomości (Senebra, 2010), czy szeroko pojmowanej jakości życia mieszkańców (D'Acci, 2014; D'Acci, 2018). Jednocześnie badania krajobrazu miejskiego przez wiele lat stanowiły margines badań krajobrazowych. Jednym z głównych powodów takiej sytuacji był niedostatek danych o niskim poziomie agregacji (danych jednostkowych lub o wysokiej rozdzielczości). Przykładowo w Polsce przez wiele lat najniższym udostępnianym przez urzędy statystyczne poziomem było miasto lub, rzadziej, dzielnice. Większym problemem w badaniach krajobrazowych była jednak dostępność danych dotyczących pokrycia terenu (Lewiński i in., 2002; Kosiński, 2004). Stanowią one jedno z podstawowych źródeł informacji o strukturze krajobrazu, które przez wiele lat dostępne były w niskiej rozdzielczości 100 m (w przypadku zbioru *Corine Land Cover*, zob. Bossard i in., 2000) lub 0,25 ha (w przypadku *Urban Atlas*, zob. Meririch, 2008). Poziom szczegółowości oferowany w tych zbiorach jest wystarczający w analizach regionalnych lub porównywaniu ogólnych zmian użytkowania terenu między miastami, jednak nie pozwala zagłębić się w wewnętrzną strukturę miasta na poziomie ulicy (Dąbrowski, 2016). W Polsce wciąż dużym problemem pozostaje brak szczegółowych map pokrycia terenu dostępnych dla obszarów zurbanizowanych koniecznych w analizie struktury krajobrazu miejskiego. **Z tego względu na potrzeby niniejszej pracy została opracowana mapa pokrycia terenu według autorskiej metodyki (Dąbrowski, 2016).**

Obecnie nie istnieje jedna określona i ugruntowana metodyka obiektywnej oceny atrakcyjności zabudowy mieszkalnej. Stosowane metody koncentrują się przede wszystkim na subiektywnych odczuciach mierzonych badaniami ankietowymi (Czepkiewicz i in., 2018; Świąder i in., 2016; Plebankiewicz i in., 2017; Czepkiewicz i in., 2017; Kaczmarek i in., 2017).

### 2.1. Atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej

Na potrzeby niniejszej pracy pojęcie „miejsca zamieszkania” należy traktować jako synonim „obszaru zabudowy mieszkalnej” oznaczającego realną przestrzeń

miejską pełniącą funkcje mieszkalną. Atrakcyjność tak rozumianego miejsca zamieszkania można potraktować jako uśrednioną wartość subiektywnych ocen poszczególnych mieszkańców. Rozumiana w ten sposób atrakcyjność stanowi swoistą miarę jakości przestrzeni i nawiązuje do definicji Rogalewskiego (1974), wg której „atrakcyjność to stopień, w jakim obiektywnie istniejące warunki przyrodnicze rekreacji w środowisku ‘przyciągają’ rekreantów”. Choć definicja ta dotyczy terenów rekreacyjnych można ją również zastosować do innych obszarów, takich jak zabudowa mieszkalna. W swojej pracy Sołowiej (1992), nawiązując do definicji Rogalewskiego, wyjaśnia atrakcyjność jako analizowaną z punktu widzenia tzw. standardowego człowieka i zależy nie tylko od cech fizyczno-geograficznych terenu, ale także m.in. dostępności komunikacyjnej i podaży usług związanych z zagospodarowaniem krajobrazu.

Na potrzeby niniejszej pracy atrakcyjność będzie również rozumiana w sposób zdefiniowany przez Wańkowicza (2010), który wiąże atrakcyjność przestrzeni z jej ekonomiką, będącą dziedziną wiedzy o kosztach i korzyściach użytkowania przestrzeni. Oznacza to, że atrakcyjność miejsca zamieszkania traktowana będzie jako wartość finansowa, jaką zdecydowano się uiścić w procesie transakcji kupna nieruchomości, wynikająca z korzyści i kosztów lokalizacji w danym miejscu. W celu oszacowania tej wartości zastosowana zostanie metoda modelowania hedonicznego, sprowadzająca się do oszacowania wpływu poszczególnych komponentów na modelowaną zmienną zależną, szerzej opisana w rozdziale 5.

W niniejszej pracy atrakcyjność zdefiniowana została w wyniku połączenia wszystkich wyżej wymienionych koncepcji uwzględniając zarówno podejście Rogalewskiego, Sołowieja jak i Wańkowicza. W związku z powyższym, w dalszej części pracy należy postrzegać atrakcyjność miejsca zamieszkania jako **stopień, w jakim obiektywnie istniejące czynniki przestrzenne, będące elementami struktury krajobrazu, ‘przyciągają’ nabywców mieszkań z rynku wtórnego. Stopień ten stanowi wypadkową korzyści i kosztów wynikających z przestrzennych uwarunkowań lokalizacji i wyrażony jest w postaci monetarnej oszacowanej za pomocą modelowania hedonicznego cen m<sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego.**

Tak zdefiniowana atrakcyjność miejsca zamieszkania pokrywa się z pojęciem wartości lokalizacji (*‘positional value’*), wprowadzonym przez D’Acci (2014; 2018) jako wpływ czynników przestrzennych na wartość nieruchomości, a powiązany również z tzw. gotowością do zapłaty (*‘willingness-to-pay’*). Jej podstawą jest założenie, że ludzie są gotowi zapłacić więcej za mieszkanie w lepszym miejscu, charakteryzującym się np. lepszą jakością powietrza. ‘Gotowość do zapłaty’ można zbadać za pomocą dwóch podejść: (1) bezpośredniego odpytywania respondentów (ankietyzacji) lub (2) pośredniego rozpoznania preferencji mieszkańców, głównie za pomocą modelowania hedonicznego (D’Acci, 2011).

Jakość przestrzeni życia w mieście (a więc również obszaru miejsca zamieszkania) jest silnie powiązana z badaniami nad jakością życia *per se* (*Quality of Life - QoL*, zob. D’Acci, 2014). Jakość życia jest złożoną koncepcją, na którą wpływ mają takie czynniki jak jakość środowiska, jakość powietrza, obecność zieleni miejskiej, praca, sytuacja społeczna, jakość miasta, jakość architektury i inne (D’Acci, 2013). Ponieważ w badaniach nad jakością życia należy uwzględniać tak wiele czynników, pewnym kompromisem, ale i uproszczeniem, jest określenie wpływu tylko wybranych elementów (Ceccato i in., 2011b; Pietrzyk-Kaszyńska i in., 2017). Wybór tych elementów powinien być świadomą konsekwencją podjętych decyzji wynikających m.in. z przeglądu literatury lub przeprowadzonych wywiadów, ale i specyfiki obszaru w tym jego uwarunkowań kulturowych.

Wybrane elementy składowe jakości życia tworzą hierarchiczne „drzewo”, do którego budowy można zastosować dwa podejścia: analityczne (tzw. od ogółu do szczegółu) lub syntetyczne (grupujące pojedyncze zmienne w obiekty wyższego poziomu, D'Acci, 2014). Na najniższym poziomie agregacji czynniki powinny być zdefiniowane w sposób umożliwiający jednoznaczny pomiar np. liczby decybeli jako miernika zanieczyszczenia hałasem w mieście. Na pośrednim szczeblu, kilka zmiennych, takich jak zanieczyszczenie hałasem, zanieczyszczenie powietrza tlenkami azotu i inne, grupowane są do jednego kryterium określającego jakość powietrza. Na najwyższym zaś szczeblu wszystkie grupy łączą się w kryterium jakości życia w mieście. Przyjęte w niniejszej pracy podejście nie zmierza do całościowej oceny jakości życia w mieście, ale zatrzymuje się na jednym z niższych poziomów, a mianowicie atrakcyjności przestrzeni mieszkalnej wynikającej ze zmierzonego wpływu struktury krajobrazu. Temat ten szerzej został opisany w rozdziale 2.1.2 na stronie 13.

Atrakcyjność przestrzeni jest wynikiem relacji istniejącej pomiędzy podmiotem i przedmiotem postrzegania. Podmiotem, w opisywanej sytuacji, jest człowiek - mieszkaniec miasta. Przedmiotem jest przestrzeń, w której mieszka lub potencjalnie mógłby mieszkać.

### 2.1.1. Wpływ cech indywidualnych na postrzeganie atrakcyjności przestrzeni

Zjawiskami związanymi z indywidualnym postrzeganiem przestrzeni przez człowieka zajmuje się psychologia środowiskowa (Lewicka i in., 2008a). Wśród wielu teorii związanych z odbiorem otoczenia na szczególną uwagę, w kontekście atrakcyjności przestrzeni miejskiej, zasługuje model obciążenia środowiskowego lub, inaczej, przestymulowania. Dotyczy on reakcji człowieka na negatywne bodźce znajdujące się w jego otoczeniu, takie jak hałas lub zanieczyszczenie powietrza. Do najważniejszych aspektów związanych z oceną atrakcyjności zaliczyć można następujące kwestie (Broadbent, 1958; Easterbrook, 1959; Milgram, 1970):

1. Posiadanie przez człowieka ograniczonych możliwości odbierania i przetwarzania na bieżąco sygnałów, co przekłada się na jego uwagę związaną ze śledzeniem nowych bodźców.
2. Przekroczenie progu możliwości śledzenia nowych bodźców powodujące tzw. **przeciążenie** informacyjne. Zazwyczaj reakcją na to zjawisko jest tzw. „widzenie tunelowe”, w którym ignorujemy mniej istotne sygnały. Gdy człowiek jest świadomy zbyt dużej liczby bodźców stara się manipulować otoczeniem aby zmniejszyć ich wpływ - przykładowo budując ekrany akustyczne.
3. Ograniczoność uwagi, która nie jest stała i podlega wyczerpaniu. Po długim czasie ekspozycji na intensywne bodźce człowiek osiąga stan nazywany zmęczeniem uwagi ukierunkowanej (*directed attention fatigue* - DAF), który może wpływać na zwiększoną liczbę błędów, rozdrażnienie, stres i trudności w koncentracji. W efekcie ocenia się, że obszary o dużej ekspozycji na bodźce, choć mogą stanowić chwilowo atrakcyjne miejsce przebywania (np. bliskość dyskoteki), będą mniej atrakcyjne do codziennego życia, mieszkania i odpoczynku.

4. Zmęczenie spowodowane przebudźcowaniem, które wg Kaplan (1989) można zmniejszyć poprzez kontakt z naturą (parkami, szlakami turystycznymi, ogrodami zoologicznymi) czy pobytem w muzeum. Wynika to z tzw. teorii regeneracji uwagi (Kaplan, 1995).

Z drugiej strony skali oceny atrakcyjności istnieje problem niedostymulowania. Zdaniem badacza miast Parra (1966) mimo, że miasta zazwyczaj dostarczają znaczącej stymulacji społecznej, niekoniecznie spełniają swoje zadanie jako obiekty stymulujące fizycznie. Jak twierdzi, krajobraz naturalny pól, lasów i gór stanowi różnorodny zbiór wzorców wizualnych, podczas gdy w miastach większość krajobrazów może być monotonna. Parr oraz Heft (1979) zauważają ponadto, że brak odpowiedniej stymulacji, a co za tym idzie, poczucie znudzenia może w pewnym sensie przyczyniać się do przestępczości młodocianych czy wandalizmu.

Jednym z kluczowych elementów uznania obszaru zabudowy mieszkalnej za „atrakcyjny” jest pojęcie estetyczno-krajobrazowe poszukujące odpowiedzi na pytanie: co sprawia, że dany krajobraz jest piękny? Berlyne (1974) zaproponował ogólny model estetyki, który znalazł zastosowanie w estetyce środowiska. W tym modelu dowolny krajobraz można było sklasyfikować opierając się na 4 kluczowych aspektach: złożoności (czyli stopnia zróżnicowania elementów krajobrazu), nowości (czyli liczby elementów lub właściwości wcześniej nie spostrzeżonych), niespójności (czyli stopnia niedopasowania elementów krajobrazu z ich kontekstem) oraz zaskoczenia (będącego stopniem niezgodności z oczekiwaniami wobec środowiska) poprzez umiejscowienie krajobrazu w odpowiednim miejscu na dwóch skalach **niepewności, tj. pobudzenia** oraz **wartości hedonicznej** rozumianej jako przyjemność, nie zaś jako element modeli hedonicznych. Zdaniem Berlyne wraz ze wzrostem niepewności stopień przyjemności najpierw wzrasta, a potem maleje. Na tej podstawie stwierdził on, że najlepiej czujemy się w sytuacji średniego poziomu stymulacji (niepewności - pobudzenia), co oznacza, że średnie poziomy złożoności, nowości, czy zaskoczenia stanowić powinny najatrakcyjniejsze obszary z punktu widzenia estetycznego. Idee Berlyne’a rozwinęli następnie Kaplan i Kaplan (1987). Postulowali oni połączenie podejścia natywistycznego (wrodzonego, wynikającego z ewolucji człowieka) i kognitywistycznego (kładącego nacisk na indywidualne doświadczenia życiowe). Ich zdaniem, ludzie preferują przestrzeń, która posiada cechy użyteczne dla naszego gatunku. W efekcie wyżej punktowane są krajobrazy zapewniające wodę i jedzenie, jak również schronienie, czym nie różnimy się od innych gatunków ssaków. Ponadto człowiek preferuje obszary dostarczające stymulacji umysłowych, szybkich i zrozumiałych informacji. W przestrzeni krajobrazowej takie miejsca zapewniają szeroki widok z możliwością schronienia (jak np. parki, czy góry). Informacja może posiadać jednak różne wymiary. Kaplan i Kaplan (1987) zaproponowali podział informacji przestrzennej będącej walorami krajobrazowymi na cztery składowe, których większe natężenie powiązane jest ze wzrostem atrakcyjności obszaru:

1. spójność - czyli stopień w jaki zorganizowana jest przestrzeń,
2. czytelność - która decyduje o łatwości interpretacji obiektów w krajobrazie,
3. złożoność - określająca liczbę oraz poziom zróżnicowania elementów składowych,
4. tajemniczość - będąca miarą ukrytych w scenerii informacji.

Obie teorie dają podstawy do założenia, że istnieją uniwersalne czynniki kształtujące postrzeganie atrakcyjności przestrzeni przez człowieka bez względu na miejsce pochodzenia. Czynniki te mogą się nieznacznie różnić między regionami pochodzenia przypisując tym samym elementom otoczenia różną wagę. Przykładowo w krajobrazach pustynnych ważniejsza od elementu tajemniczości będzie możliwość zapewnienia wody i schronienia przed słońcem. Każdy z nich pozostanie jednak istotny powodując odpowiednio podniesienie lub obniżenie poziomu preferencji danej okolicy.

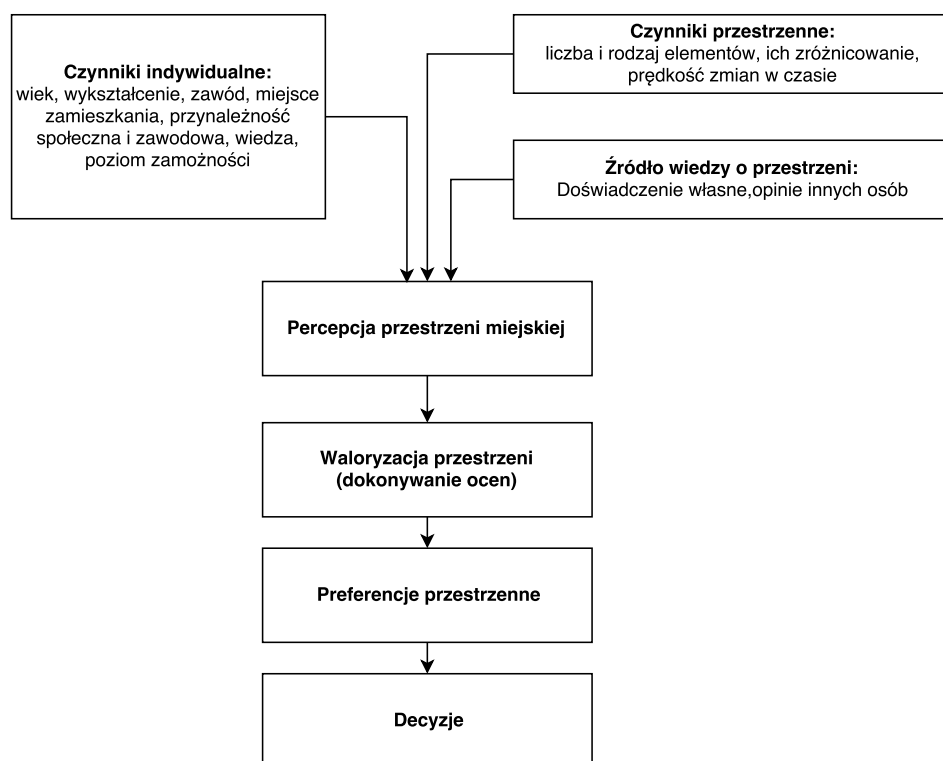
Wyniki modelowania prezentowane w rozdziałach 6 i 7 nie posiadają charakteru uniwersalnego. Ze względu na kognitywistyczne, indywidualne elementy postrzegania rzeczywistości przez człowieka, nie jest możliwe określenie obiektywnego poziomu atrakcyjności. Każdy człowiek samodzielnie definiuje co jest dla niego atrakcyjne. Na przykład, według raportu „Polityka mieszkaniowa Miasta Poznania na lata 2017-2027” (Gawron i in., 2017) osobom w wieku do 24 lat szukającym lokalizacji w osiedlach mieszkaniowych bardziej zależy na dostępie do dworców PKP i PKS niż osobom w wieku 25-29 lat, podczas gdy osoby w wieku 30-44 lat kładą większy nacisk na informacje dotyczące planowanych inwestycji, czego wcześniejsze grupy wiekowe nie rozpatrywały. Jak można sądzić, rodziny nieposiadające samochodów będą nadawały wyższy priorytet obszarom z dobrze rozwiniętym systemem transportu publicznego (Strączkowski, 2009). Kupujący mieszkanie kierują się zróżnicowanymi motywami, wśród których do najczęstszych, wg. badań Strączkowskiego (2009), zaliczyć można przeznaczenie mieszkania jako miejsce życia rodzinnego, ale również jako lokatę kapitału, czy miejsce pracy i nauki.

Poniżej przedstawiono główne, wybrane przez autora niniejszej pracy, aspekty indywidualne (podmiotowe), które wpływają na postrzeganie przestrzeni:

1. wiek,
2. wykształcenie,
3. zarobki,
4. stan cywilny,
5. doświadczenie życiowe.

Schemat ukazujący proces podejmowania decyzji o wyborze miejsca zamieszkania prezentuje rycina 2.1 (Słodczyk i in., 2004). Kluczowymi czynnikami wpływającymi na tę decyzję pozostają czynniki indywidualne (wiek, wykształcenie, zarobki, itd.), jak również czynniki przestrzenne oraz indywidualne doświadczenia i opinie innych osób kształtujące wiedzę o przestrzeni. Według Słodczyk i Rajchel (2004) wpływ naszej wiedzy o czynnikach ma równoważne znaczenie w podejmowaniu decyzji, gdyż samo istnienie obiektu w przestrzeni nie gwarantuje, że będzie on brany pod uwagę w procesie decyzyjnym. Istotna jest świadomość jego istnienia oraz wpływu jaki ma na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Ukazany proces podejmowania decyzji nawiązuje do teorii marketingu, w której nawet najlepszy towar nie sprzeda się odpowiednio bez właściwej reklamy (Czubała i in., 2012).

Wybór przestrzeni do zamieszkania pozostaje w pewnym stopniu w związku z wiekiem danej osoby lub strukturą wiekową rodziny (House i in., 2013). Małe dzieci oraz osoby w podeszłym wieku charakteryzują się zazwyczaj niższym stopniem samodzielności oraz gorszym stanem zdrowia, co wpływa na preferencje w wyborze obszarów bezpiecznych, z łatwym dostępem do placówek medycznych takich



RYC. 2.1: Schemat ukazujący proces podejmowania decyzji o wyborze miejsca zamieszkania. Źródło: Słodczyk i in., 2004

jak szpitale czy apteki. Ponadto rodzice posiadający dzieci kierując się bezpieczeństwem pociech mogą starać się ulokować mieszkanie tak, by dzieci w drodze do szkoły nie musiały przechodzić przez niebezpieczne ulice o dużym natężeniu ruchu. Innym przykładem są osoby starsze, które mając problemy z poruszaniem się nie będą szukały dla siebie miejsca w bloku bez windy<sup>1</sup>.

W dzisiejszych czasach młode małżeństwo planujące założyć rodzinę z trójką dzieci najpewniej nie zdecyduje się na zakup kawalerki. Dzieci będą rosły, będą potrzebowały przestrzeni do życia. Zazwyczaj, im więcej osób mieszka w gospodarstwie domowym, tym spodziewamy się większej powierzchni mieszkania<sup>2</sup>.

Wybór miejsca zamieszkania jest trudną decyzją. Ponieważ istnieje dużo czynników wpływających na nasze życie (a mieszkanie zazwyczaj kupowane jest jako wieloletnia inwestycja) uwzględnienie ich w analizie wymaga odpowiedniej wiedzy. Potencjalnie, wyższe wykształcenie powinno pozwalać podejmować decyzje bardziej świadome (np. wiedząc jak zanieczyszczone powietrze wpływa na zdrowie, uwzględnimy jakość środowiska podczas kupna mieszkania). Niestety, często brakuje danych (lub są one trudno dostępne dla ogółu) odnośnie wpływu poszczególnych czynników na jakość życia. Informacje te są dostępne na poziomie ogólnym, jednak interpretacja ich na użytek praktyczny, to jest podjęcie świadomej decyzji o

<sup>1</sup>Inne badania przeprowadzone przez Centrum Badań Metropolitalnych w Poznaniu (Kaczmarek i in., 2017) wykazały, że 59% ankietowanych studentów wolałoby kupić mieszkanie w mieście niż poza miastem, a ich pierwsze mieszkanie było nowe (71%), w bloku (71%), o dwóch (43%) lub trzech (40%) pokojach i powierzchni między 36-50 m<sup>2</sup> (36%) lub 51-65 m<sup>2</sup> (38%).

<sup>2</sup>Według badań Centrum Badań Metropolitalnych (Kaczmarek i in., 2017) pary narzeczeńskie planują w 55% zamieszkać po ślubie we własnym mieszkaniu, znajdującym się w bloku (59%), posiadającym zaledwie dwa pokoje (43%) o powierzchni między 36-50 m<sup>2</sup> (32%).



lokalizacji miejsca zamieszkania, jest utrudniona. Przekłada się to na zróżnicowane decyzje o lokalizacji mieszkania, które niekoniecznie wynikają z realnego stanu środowiska.

Podsumowując, **na atrakcyjność przestrzeni składają się dwa czynniki: krajobraz** odpowiedzialny za składowe przestrzenne **oraz człowiek**, który dokonuje oceny, wartościuje tę przestrzeń, na podstawie swego doświadczenia, cech indywidualnych, jak również wiedzy o owej przestrzeni oraz jej interpretacji (Ryc. 2.1). W związku z powyższym metodyka pomiaru atrakcyjności zabudowy mieszkalnej powinna opierać się na odpowiednich założeniach, z których najważniejsze dotyczą tego, co może być brane pod uwagę jako elementy istotne dla człowieka. Według teorii leżących u podstaw psychologii środowiskowej (Lewicka i in., 2008a) elementami tymi są **wszystkie cechy przestrzeni, które są użyteczne dla człowieka**. Jednocześnie zwrócić warto uwagę, iż **wiele z tych elementów nie wpływa na atrakcyjność w sposób liniowy, lecz znajduje swoje optimum w wartościach średnich**, albowiem nadmiar bodźców, tak jak ich niedosyt, mogą stanowić negatywny wpływ na wybór miejsca życia (Heft, 1979).

### 2.1.2. Wpływ struktury krajobrazu miejskiego na atrakcyjność miejsca zamieszkania

Krajobraz jest przedmiotem badań interdyscyplinarnych (Tress i in., 2003), w związku z czym trudno zakwalifikować temat wpływu krajobrazu na atrakcyjność miejsca zamieszkania do jednej tylko dziedziny nauki. Z geograficznego punktu widzenia atrakcyjność jest silnie związana z waloryzacją przestrzeni (Litwin i in., 2009). Jednocześnie to człowiek określa 'poziom atrakcyjności', a więc powiązana jest ona z psychologią środowiskową (Lewicka i in., 2008a) oraz tematyką jakości życia (Matsuoka i in., 2008). Nie należy również odrzucać wiedzy z zakresu urbanistyki (Nyka, 2012), ekologii miasta (Alberti i in., 2000) i innej. Każda z tych dziedzin koncentruje się na innych aspektach jakości krajobrazu, czego przejawem jest ocena tkanki architektonicznej przez urbanistów (Klauser i in., 2016) lub jakości warunków krajobrazowo-estetycznych w badaniach geoturystycznych (Koźma, 2017).

Największy wpływ na cenę nieruchomości ma jej stan fizyczny: powierzchnia, liczba pokoi, stan, wiek, etc. określane też jako cechy strukturalne (Goodman, 1978). **Zaraz obok nich największe znaczenie posiada jej lokalizacja** (Kestens i in., 2002; Clapp, 2003). Zgodnie z ekonomiczną teorią popytu/podaży świadomy klient dokonując wyboru kieruje się maksymalizacją korzyści przy minimalizacji strat (Palmquist, 1984), a co za tym idzie, mając do wyboru identyczne mieszkania w identycznej cenie wybierze to, które znajduje się w lepszym miejscu. Co oznacza „lepsze miejsce” w dużej mierze pozostaje kwestią względną i zależną od percepcji kupującego (Jacobs, 2011). Mimo to, na podstawie odpowiednio dużej próby można określić obszary bardziej atrakcyjne dla ogółu odbiorców oraz cechy, które je charakteryzują.

Wśród najczęściej wymienianych w literaturze przedmiotu cech lokalizacji wpływających na atrakcyjność miejsca zamieszkania zaliczyć należy odległość do centrum czy odległość od lasu (2.1). Pozytywne postrzeganie bliskiego dostępu do obszarów zielonych ujawniają prace Tajima (2003), Morancho (2003), Fennema (1996) i in. (Lutzenhiser i in., 2001; Bolitzer i in., 2000). W pracy D'acci (2018) znaleźć można obszerne opracowanie ponad 100 badań z zakresu hedonicznego modelowania cen nieruchomości podsumowujące wpływ szeregu czynników na wartość nieruchomości. W tabeli 2.1 przedstawiono wybrane z literatury badania nad wyżej wspomnianymi relacjami pomiędzy cechami lokalizacji, a ceną m<sup>2</sup> nieruchomości.

TABELA 2.1: Wpływ wybranych cech lokalizacji na atrakcyjność miejsca zamieszkania (Xiao, 2012).

Zmienna	Literatura	Liczebność próby	wpływ na cenę
Odległość do oceanu	Richardson i in., 1990	9 078/10 928	spadek
Odległość do centrum			spadek
Odległość do obszarów szkodliwych zdrowiu	Brasington i in., 2005	5 051	spadek
Odległość od parków	Poudyal i in., 2009	11 125	spadek
Widok na cmentarz	Love i in., 2002	1 550 000	spadek

**‘Dostępność’ stanowi charakterystykę struktury krajobrazu w rozumieniu rozmieszczenia wybranych jego elementów w krajobrazie miasta.** Może być mierzona w sposób bezpośredni do poszczególnych obiektów, jak również w sposób pośredni. Najczęściej używaną metodą do pośredniego określania atrakcyjności lokalizacji przestrzennej jest stosowanie analizy *space syntax* (składni przestrzeni), która opiera się na analizie topologicznej sieci drogowej (Porta i in., 2006). W metodzie tej zakłada się, że niektóre miejsca są cenniejsze z punktu widzenia organizacji przestrzeni (a więc struktury krajobrazu) ze względu na swoje centralne położenie. Z tego też względu centrum miasta jest zazwyczaj dobrze skomunikowane i łatwiej dostępne niż pozostała część miasta.

Istnieje wiele miar ‘centralności’ stosowanych w analizie struktury topologicznej tras poruszania się mieszkańców w mieście. Do najczęściej używanych zaliczyć można ‘osiągalność’ (*reachness*), ‘przyciąganie’ (*gravity*), ‘pośredniość’ (*betweenness*), ‘bliskość’ (*closeness*) oraz ‘prostoliniowość’ (*straightness*), które szerzej opisane zostały w pracy Sevtsuk (2013) i w rozdziale 3.5.2 niniejszej pracy.

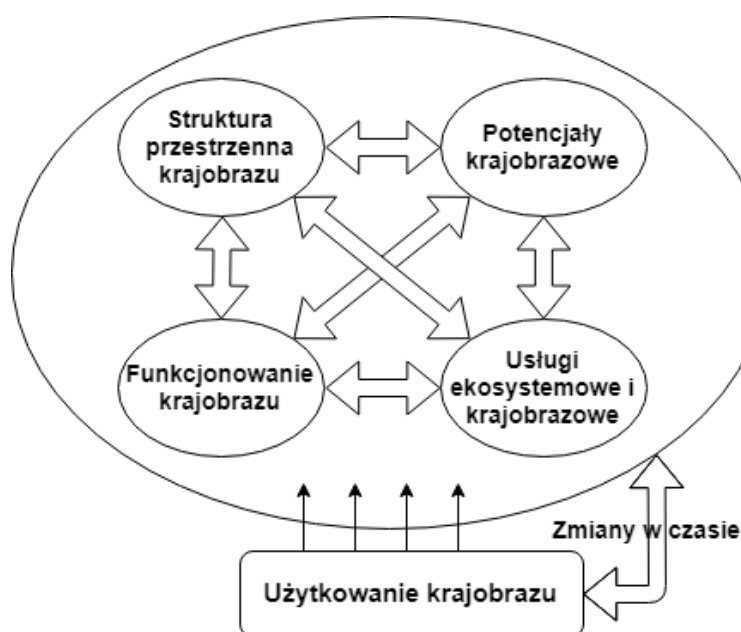
Najbliższa okolica, jako obszar potencjalnie największej aktywności życia mieszkańców, odgrywa kluczową rolę w obiektywnej ocenie atrakcyjności przestrzeni. Wiele badań wykazuje, że udział zieleni miejskiej w najbliższym otoczeniu nie tylko wpływa pozytywnie na stan zdrowia, ale również redukuje stres (Hartig i in., 1993; Coffee i in., 2013). Przyjemny widok rozciągający się z okna może znacząco podwyższyć wartość mieszkania. Przykładowo widok na Akropol w Atenach podwyższa wartość nieruchomości o 46%, zaś widok na dzikie wysypiska śmieci obniża wartość o 23 % (Damigos i in., 2011). Nawet posiadanie w sąsiedztwie czystej niezabudowanej działki może wpłynąć na atrakcyjność miejsca zamieszkania podnosząc cenę nieruchomości o ok 17% (Wachter i in., 2006).

## 2.2. Krajobraz miejski jako jedna z odmian krajobrazu

Przedmiotem badań niniejszej pracy jest obszar zabudowy mieszkalnej poddany waloryzacji (szerzej opisanej w rozdziale 5). Co jednak sprawia, że mieszkanie w konkretnym miejscu jest atrakcyjniejsze dla potencjalnego kupca? Poza wspomnianym w poprzedniej części (rozdział 2.1.1) wpływem cech indywidualnych jest to

TABELA 2.2: Wpływ wybranych cech sąsiedztwa na atrakcyjność miejsca zamieszkania (Xiao, 2012).

Zmienna	Literatura	Liczebność próby	wpływ na cenę
Przestępczość Edukacja Rasa	Dubin i in., 1982	589/1 178	spadek wzrost spadek
Jakość szkoły podstawowej	Gibbons i in., 2003	2 900/2 998/ 1 544	wzrost



RYC. 2.2: Wybrane powiązania w badaniach ekologii krajobrazu (źródło:Solon, 2008b).

zbiór cech, zasobów i czynników przestrzennych wywierających wpływ na dane miejsce w sposób bezpośredni lub pośredni. Czynniki te, w niniejszej pracy, traktowane są jako elementy struktury krajobrazu, kształtowanej w wyniku procesów zachodzących w krajobrazie miejskim pod wpływem jego funkcjonowania (Ryc. 2.2). Czynniki te wpływają na potencjał krajobrazu i będą traktowane w procesie modelowania jako zmienne niezależne posiadające wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania przybliżaną ceną  $m^2$  nieruchomości. Proces opracowywania wyżej wymienionych czynników zostanie szerzej opisany w rozdziale 3, zaś same czynniki przedstawione zostaną w rozdziale 4 i opisane w załączniku A. Aby lepiej zrozumieć przedmiot badań poniżej zaprezentowano podstawowe pojęcia dotyczące krajobrazu.

Krajobraz jest pojęciem używanym powszechnie zarówno w literaturze naukowej jak i w języku potocznym. Jednakże w zależności od kontekstu i dyscypliny naukowej jest on rozumiany w różny sposób (Richling i in., 2005). W naukach fizycznogeograficznych odnosi się do „przestrzennego i materialnego wymiaru rzeczywistości ziemskiej i oznacza kompleksowy system składający się z form, rzeźby i wód,

roślinności i gleb, skał i atmosfery (Richling i in., 2002). Posiada swoistą strukturę odróżniającą go od innych krajobrazów oraz wewnętrzne powiązania między elementami” (Kondracki i in., 1983). Nieco odmienne podejście prezentuje Naveh, według którego krajobraz traktowany jest jako przedmiot badań interdyscyplinarnych i w ujęciu holistycznym stanowi całość w obrębie przestrzeni życiowej człowieka, posiadając przy tym cechy strukturalne, funkcjonalne i wizualne (Palang i in., 2000; Naveh i in., 2013). Podejścia te znacząco różnią się od koncepcji krajobrazu rozumianej potocznie jako widok, choć nie odcinają się zupełnie od elementu wizualnego. Więcej koncepcji prezentowanych jest przez Richlinga i Lechnio w pracy „Koncepcja krajobrazu - operatory i indykatory ewolucji systemów przyrodniczych” (2005).

Termin ‘krajobraz’ funkcjonuje w wielu dyscyplinach naukowych. Historycznie jego znaczenie zmieniało się w sposób istotny od pojęcia definiującego ‘obszar’ do pojęcia uwzględniającego również jego ‘treść’ (Schmithüsen i in., 1964). W naukach przyrodniczych podstawy krajoznawczego podejścia do analizy systemu zapoczątkowali Humboldt (1796-1859) i Dokuczajew (1846-1903) (Richling i in., 2002). Zdaniem Humboldta ‘krajobraz’ to całościowa charakterystyka regionu Ziemi (postrzegał je więc holistycznie). We współczesnym rozumieniu ‘krajobraz’ odnosi się do przestrzennego i materialnego wymiaru rzeczywistości ziemskiej i oznacza kompleksowy system składający się z formy rzeźby i wód, roślinności i gleb, skał i atmosfery (Zonneveld, 1990).

Na przestrzeni wieków powstało wiele definicji krajobrazu, które akcentowały jego różnorodne cechy. Współcześnie panuje zgoda odnośnie **holistycznego podejścia** do krajobrazu i hierarchiczności jego komponentów. Krajobraz jest traktowany jako **system posiadający swoistą strukturę, charakterystyczne dla niego wewnętrzne funkcjonowanie oraz zachodzące procesy, które odróżniają go od innych jednostek krajobrazowych**. Dyskusji nie podlegają również cechy krajobrazu wymienione przez Zonnevela (1990):

- zajmuje wycinek przestrzeni, umożliwiając przedstawienie go na mapie,
- posiada określoną fizjonomię, umożliwiającą przedstawienie go na rysunku bądź fotografii,
- jest systemem dynamicznym, którego sposób funkcjonowania zależy od jego części składowych, powiązań między nimi i rodzaju dominujących procesów,
- podlega ewolucji, czyli zmianie w czasie

Istnieje wiele podziałów krajobrazów bazujących m.in. na stopniu antropogenizacji lub fizjonomii. Podstawowa klasyfikacja krajobrazów została zaproponowana przez Trolla (1950), który wyróżniał krajobrazy naturalne (*natürliche Landschaft*), charakteryzujące się brakiem ingerencji człowieka, oraz krajobrazy kulturowe (*Kulturlandschaft*) powstające w wyniku działalności człowieka. Obecnie jednak odchodzi się od podziału współczesnych nam krajobrazów wg zaproponowanej przez niego metody ponieważ nie istnieją już obszary, nie dotknięte w żaden sposób wpływem człowieka (choćby poprzez zmiany klimatyczne, Halpin, 1997). Jednocześnie należy mieć na uwadze, że podział ten jest stale wykorzystywany w analizie wieloletnich przemian krajobrazowych.

Krajobraz miejski jest obszarem charakteryzującym się wyjątkowo silną ingerencją człowieka (antropopresją) w całokształt struktury i funkcjonowania systemu. W odróżnieniu jednak od obszarów przemysłowych lub wydobywczych, miasta muszą funkcjonować jako przestrzeń życia człowieka, a więc tym bardziej powinny być projektowane zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju (Breheny i in., 1992).

Dziewoński (1956) w swej pracy definiuje miasto jako "formę osadniczą (...) wraz ze wszystkimi jej atrybutami materialnymi (ekonomicznymi) i społecznymi, która skoncentrowana jest na pewnym obszarze o odrębnej organizacji. Obszar ten to część specyficznie zorganizowanej przestrzeni geograficznej (epigeosfery), którą z ogólnej przestrzeni wyróżnia m.in. odrębny typ krajobrazu". Oznacza to, że przestrzeń miejska posiada swój unikalny typ krajobrazu, charakterystyczny właśnie dla niej.

W Polsce jednostka osadnicza otrzymuje status "miasta" w formie aktu prawnego, w wyniku którego zostają przyznane tzw. prawa miejskie. Mimo odgórnie nadanego w Polsce statusu, miasta te posiadają, podobnie jak większość miast na świecie, swoją charakterystyczną formę organizacji i unikalny typ krajobrazu, który zdominowany jest przez wysoką gęstość zaludnienia, silną antropopresję oraz zróżnicowane funkcje pełnione przez jednostkę osadniczą w ogólnej sieci miast (Alberti i in., 2008).

Rozwój miast następuje w wyniku niezliczonej liczby interakcji pomiędzy indywidualnymi decyzjami mieszkańców, a środowiskiem fizycznym (Alberti i in., 2008). W wyniku podjętych działań na powierzchni powstają zróżnicowane wzorce urbanistyczne mogące mieć charakter chaotyczny (jak rozlewanie się miast) lub planowy w przypadku odgórnie zorganizowanego zagospodarowania terenu. Zmiany wprowadzane w ten sposób w ekosystem mają wyraźny wpływ na zdrowie i życie mieszkańców (Alberti i in., 2000), a przez to na ich jakość życia.

### **2.2.1. Struktura krajobrazu**

Jedną z istotnych cech zdefiniowanego w rozdziale 2.2 krajobrazu jest struktura stanowiąca powiązane ze sobą układy abiotyczne, biotyczne i antropogeniczne. Jednakże sama definicja nie określa szczegółowo czym jest owa struktura, a jedynie jakie układy stanowią jego wewnętrzne elementy. Z praktycznego punktu widzenia nie odpowiada ona na pytanie, co jest, a co nie jest elementem jego wewnętrznej struktury. Czy np. odległość od centrum miasta, będąca silnym czynnikiem kształtującym funkcjonowanie systemu, jest częścią struktury?

Zdaniem Richlinga „pierwotna struktura krajobrazu wynika z rozmieszczenia komponentów i powiązań między nimi”. Następnie na jej podstawie formowana jest wtórna struktura jako wynik interakcji między siłami natury, a oddziaływaniem antropogenicznym, czego wyrazem jest rozmieszczenie przestrzenne elementów krajobrazu, takich jak lasy, zbiorowiska trawiaste, pola czy elementy techniczne (Richling i in., 2002). Pomocne w interpretacji jest również ujęcie krajobrazu prezentowane przez Antropa (2000), wg którego krajobraz jest złożonym systemem dynamicznym charakteryzującym się specyficznym krążeniem materii oraz przepływem energii i informacji, czyli procesami decydującymi o jego rozwoju i transformacji. Strukturalna złożoność systemu jest więc rozważana w kontekście funkcjonowania i zorganizowania, co ma wpływ na jego przyszły rozwój. W zaistniałej sytuacji elementami strukturalnymi krajobrazu nie są tylko elementy fizyczne, takie jak układ zieleni miejskiej, ale również powiązania wywierające wpływ na kształtowanie przestrzeni, a więc odległości od centrum miasta lub przystanków komunikacji publicznej rozumiane jako ich przestrzenne rozmieszczenie w krajobrazie miejskim.

W badaniach krajobrazowych struktura wykorzystywana jest najczęściej na kilka sposobów. Podejście dyskretyzujące (transformujące wartości ciągłe w dyskretne) cechy strukturalne ma na celu typologię i regionalizację jednostek krajobrazowych (Kondracki, 1969), co z praktycznego punktu widzenia ułatwia modelowanie i ekstrapolację danych (Richling i in., 2002)<sup>3</sup>. Jednostki typologiczne określane są na podstawie dominujących cech strukturalnych. Na Przykład krajobraz miejski zdominowany jest przez silną antropopresję oraz wysoką gęstość zaludnienia (Eurostat, 2017). Typologia charakteryzuje się również hierarchicznością wyróżnionych jednostek (Richling i in., 2002). W obrębie krajobrazu miejskiego można przykładowo dokonać delimitacji krajobrazów zabudowy mieszkalnej, przemysłowej, lub usługowo-handlowej. Choć nazwa sugeruje, że głównymi determinantami nie jest struktura, ale funkcja danego obszaru, de facto jedno z drugim jest silnie związane.

Inne podejście do struktury krajobrazu prezentowane jest przykładowo przez Aguilera i in. (2011), w której to pracy sama struktura krajobrazu jest przedmiotem badań w kontekście jego zmian i tendencji na przyszłość. W badaniach krajobrazowych warto łączyć oba podejścia. Typologia mniejszych, względnie spójnych pod względem struktury jednostek znacząco ułatwia modelowanie procesów w nich zachodzących z uwzględnieniem zmienności wewnętrznej struktury. Tego typu analizy prowadzone były m.in. przez Wu (2012), Royuela (2013) czy Keskin (2017), w których to pracach podział rynku mieszkaniowego na mniejsze jednostki przestrzenne zwane subrynkami znacząco poprawił jakość modeli cen m<sup>2</sup> nieruchomości (w których to zmiennymi niezależnymi były również elementy struktury krajobrazu).

### 2.2.2.    **Potencjał krajobrazowy**

O potencjale krajobrazowym stanowią wszystkie zasoby, których eksploatacją zainteresowany jest człowiek (Neef, 1984), lub inaczej, zawarte w ekosystemie możliwości, których realizacja jest możliwa tylko przy udziale człowieka (Sołncew, 1948). Definicja zaproponowana przez Kistowskiego (1997) koncentruje się również na aspektach estetycznych krajobrazu. Wszyscy jednak zgadzają się, że potencjał musi być rozpatrywany w kontekście człowieka i jego potrzeb. Z punktu widzenia definicji jest to niemalże dokładne przełożenie teorii psychologii środowiska opisanych w części 2.1. Zgodnie z opisanymi tam założeniami człowiekowi podoba się (jest dla niego atrakcyjne) to, co jest użyteczne, a więc zapewnia jak najlepszą realizację jego potrzeb.

W 1978 roku Haase zaproponował, aby wielkość całkowitego potencjału wyrażać w jednostkach energetycznych. Solon zwraca jednak uwagę, że „brak danych i niejasna metodyka przeliczeń znacznie utrudnia obliczenie całkowitego potencjału i w praktyce często określa się potencjały częściowe, których wielkość przedstawia się na podstawie różnorodnych kryteriów” (Solon, 2008a).

Wieber (1987) uważa, że w badaniach krajobrazowych powinno dążyć się do równoczesnego traktowania krajobrazu w kategoriach produkcyjnych (badania nad potencjałem krajobrazu) i w kategoriach sposobu postrzegania (badania nad percepcją krajobrazu). **Podejście to jest realizowane w niniejszej pracy, gdzie krajobraz analizowany jest z punktu widzenia człowieka w kontekście możliwych do wykorzystania zasobów służących podniesieniu jakości życia.**

<sup>3</sup>W niniejszej pracy również podjęto działania związane z podziałem krajobrazu miasta Poznania na mniejsze jednostki przestrzenne nazywane subrynkami (Rozdział 4.4.1)

### 2.2.3. Usługi krajobrazowe/świadczenia ekosystemowe

Pojęcie usług krajobrazowych funkcjonuje powszechnie w badaniach krajobrazowych i ekologicznych (Mizgajski, 2010). Ich koncepcja służy jako „narzędzie do prowadzenia dyskusji na temat zależności społeczeństwa od przyrody” (Kronenberg, 2012). Rozumiane są one jako zestaw wytworów i funkcji ekosystemu lub krajobrazu, które służą społeczeństwu ludzkiemu (Solon, 2008a). Pojęcie to jest bardzo zbliżone do potencjału krajobrazu z tym, że z założenia jednostką pomiaru nie jest energia, lecz pieniądź (Braat i in., 2012). Ponieważ stanowią wspomniane narzędzie do uświadamiania społeczeństwu wagi świadczeń jakie pełni ekosystem, autorzy tej koncepcji przyjęli, że skuteczniejsza będzie wycena pieniężna, dzięki czemu można porównywać zysk z nowej inwestycji w stosunku do strat jakie spowoduje ona dewastując środowisko.

W niniejszej pracy ocena atrakcyjności określana będzie w kolejnych rozdziałach właśnie w kategoriach pieniężnych, jednak nie oznacza to, że wyceniane będą usługi ekosystemowe. Tabela 2.3 ukazuje podstawowe różnice między ujęciami potencjału krajobrazowego, a usługami ekosystemowymi (źródło: Solon, 2008a). Zdaniem autora zagadnienie poruszane w tej pracy, a mianowicie atrakcyjność krajobrazu mieszkalnego, znajduje się pomiędzy tymi pojęciami.

TABELA 2.3: Główne różnice między koncepcjami potencjału krajobrazowego, usługami ekologicznymi (Solon, 2008a), a atrakcyjnością krajobrazu (propozycja autorska).

Cecha	Potencjał krajobrazowy	Usługi ekologiczne	atrakcyjność krajobrazu
Wykorzystanie zasobów	<b>możliwe</b>	rzeczywiste	<b>możliwe</b>
Rodzaje zasobów	<b>głównie abiotyczne</b>	<b>głównie biotyczne</b>	<b>głównie abiotyczne</b>
Ujęcie zasobu	<b>szerokie</b>	wąskie	<b>szerokie</b>
Ocena ekonomiczna	nie	<b>tak</b>	<b>tak</b>
Uwzględnienie kontekstu przestrzennego i skalowalności	nie	<b>tak</b>	<b>tak</b>
Przydatność do planowania przestrzennego	<b>duża</b>	mała	<b>duża</b>
Wykorzystanie w planowaniu kompensacji	małe	<b>duże</b>	<b>duże</b>
Prezentacja kartograficzna	<b>częsta</b>	rzadka	<b>częsta</b>

#### **2.2.4. Funkcjonowanie krajobrazu**

Funkcjonowaniem krajobrazu nazywa się zespół wszystkich procesów powodujących wymianę i transformację materii, energii i informacji wewnątrz systemu krajobrazowego (Chmielewski, 2012). Jest ono tym samym, silnie związane ze strukturą krajobrazu oraz z potencjałem krajobrazu. Zdaniem Richlinga (Richling i in., 2002) do poznania sposobu funkcjonowania krajobrazu niezbędna jest wiedza o istniejącym w środowisku obiegu materii i przepływie energii, które uzależnione są od elementów strukturalnych i wpływają na potencjał krajobrazu. Aby zaistniał przepływ czy to materii, czy energii musi istnieć fizyczna możliwość przemieszczania się cząstek. Najprostszy przykładem relacji pomiędzy strukturą, a funkcjonowaniem jest sieć drogowa warunkująca transport materii (produktów spożywczych, ludzi, itp.) szczególnie gęsta w obszarach zurbanizowanych. Potwierdzają to prace Hansena, Rissera i di Castri (Hansen i in., 1992), którzy twierdzą, że istnieje niewątpliwa zależność pomiędzy strukturą krajobrazu a kierunkiem i intensywnością strumieni materii i energii. Zwracają jednocześnie uwagę, że zależność ta nie jest jednokierunkowa, gdyż strumienie ekologiczne mogą tworzyć nowe struktury, jak również niszczyć lub modyfikować istniejące<sup>4</sup>.

#### **2.2.5. Podział krajobrazu na jednostki o jednolitej strukturze wewnętrznej**

W kontekście modelowania cen nieruchomości wzrost powierzchni obszaru badań wpływa na wzrost zróżnicowania wewnętrznego rynku nieruchomości. Rynek podmiejski zdominowany przez zabudowę jednorodzinną ma odmienny charakter niż rynek nieruchomości w centrum miasta. Dzieje się tak m.in. ponieważ nieruchomości w poszczególnych jednostkach są ukierunkowane na innych odbiorców. Osiedla podmiejskie zamieszkane są przede wszystkim przez rodziny posiadające własny samochód, gdyż brak takiego środka transportu znacząco utrudnia podróż do pracy lub szkoły.

Subrynki nie tworzą jednak tylko „oczywistego” podziału na miasto/wieś, ale występują również wewnątrz miast (Adair i in., 1996). Straszheim (1974) sugeruje, że rynek nieruchomości składa się z serii pojedynczych rynków, które charakteryzują się osobnymi funkcjami hedonicznymi. Subrynki definiowane są przez Basu i Thibodeau (1998) jako jednostki przestrzenne, w których ceny za jednostkę „charakterystyki” nieruchomości są stałe<sup>5</sup>.

Badania przeprowadzone przez Goodman i Thibodeau (2007) podkreślają istotność uwzględniania subrynków w modelowaniu hedonicznym. Autorzy zwracają uwagę na to, że podział całego rynku na mniejsze jednostki ma duże prawdopodobieństwo zwiększenia dokładności predykcji modelu, pozwalając ponadto lepiej dobrać czynniki przestrzenne kształtujące zmienność cen lokalnie (np. występowanie oczyszczalni ścieków).

---

<sup>4</sup>Przykładowo, restauracje po zewnętrznej stronie łuku ulicy (struktura) są lepiej widoczne, a co za tym idzie są też częściej odwiedzane (zmiana funkcjonowania). W konsekwencji czynsz wynajmu lokali jest podnoszony, a restauracje podnoszą ceny i jakość jedzenia aby sprostać kosztom wynajmu. W efekcie po zewnętrznej stronie zakrętów ulic w mieście częściej można znaleźć ekskluzywne restauracje (kolejna zmiana struktury, zob. Gooley, 2017).

<sup>5</sup>„Housing submarkets are typically defined as geographic area where the prices per unit of housing quantity (defined using some index of housing characteristic) are constant”, (Basu i in., 1998)



Mimo, że istotność wyznaczenia subrynków podczas modelowania dużych obszarów została potwierdzona na gruncie badawczym, sposób ich delimitacji rodzi w dalszym ciągu wiele pytań (Goodman i in., 2007). Najbardziej akceptowalną metodą testowania istnienia subrynków jest procedura zaproponowana przez Schnare i Struyk (1976) składająca się z trzech etapów. W pierwszym kroku szacowane są modele hedoniczne w obrębie każdego potencjalnego subryнку dla „standardowego” mieszkania o wybranych przez badacza parametrach: powierzchni, liczbie pokoi, itp.. Następnie wykonywany jest test Chow porównujący istotność różnic pomiędzy obliczonymi cenami. W ostatnim kroku dla modeli obliczany jest ważony błąd standardowy (*weighted standard error*), który stanowi dodatkowy test różnic pomiędzy subrynkami (Xiao, 2012). Jednak sama procedura nie odpowiada na podstawowe pytanie w jaki sposób na samym początku wyznaczyć subrynki?

Istnieją trzy ogólne metody wyznaczania subrynków na potrzeby modelowania hedonicznego. Pierwszy polega na użyciu predefiniowanych, arbitralnie ustalonych jednostek podziału, jak np. granice administracyjne dzielnic (Bourassa i in., 1999), rejonizacja szkół (Goodman i in., 2003), lub inne (Adair i in., 1996; Bischoff i in., 2011). Druga metoda zakłada ciągłość przejścia pomiędzy subrynkami, co w praktyce najczęściej sprawdza się do stosowania geograficznie ważonej regresji (Brunsdon i in., 2002). Trzecie podejście polega na wydzieleniu subrynków w oparciu o dane empiryczne, w którym to stosuje się metody statystycznej analizy danych wielozmiennych a następnie ich grupowanie (Hwang i in., 2009).

Użycie pierwszej metody - subrynków wyznaczonych *ad hoc* - posiada znacznie ograniczoną moc wyjaśniającą. Granice takie nie muszą koniecznie pokrywać się z realnie istniejącymi subrynkami, gdyż zostały wyznaczone na podstawie nie powiązanych z subrynkami kryteriów, jak również w innym celu, np. w celach administracyjnych lub zapewnienia optymalnej dostępności do szkół. Wczesne prace wykorzystujące tę metodę wykazywały niewielki wpływ na poprawę jakości predykcyjnej modelu (Schnare i in., 1976). Ich modele wykorzystywały sztuczne zmienne reprezentujące dzielnice, co pozwalało, aby stała regresji zmieniała się w przestrzeni. Wspomniane sztuczne zmienne wprowadzane były niekiedy do modelu w postaci interakcji pozwalając by współczynniki regresji również były zróżnicowane w przestrzeni (w podziale na wspomniane jednostki administracyjne, itp.). Późniejsze prace (Goodman, 1978) poszerzyły to podejście o tworzenie pojedynczych modeli dla każdego subryнку zamiast jednego modelu dla całego obszaru ze sztuczną zmienną i interakcjami. Udało się w ten sposób wykazać istotne różnice pomiędzy subrynkami, a zatem istnienie przestrzennie zmieniających się upodobań względem rynku nieruchomości. W późniejszych latach wiele prac (Adair i in., 1996; Bourassa i in., 2007; Bischoff i in., 2011) stosowało metodę podziału obszaru na subrynki za pomocą istniejących jednostek terytorialnych i większość z nich wykazywało znaczącą poprawę zarówno mocy predykcyjnej jak i jakości estymacji. Kolejną zaletą podejścia *ad hoc* jest względna stałość granic w czasie. Krytycy tego podejścia zarzucają jednak, że nie uwzględnia realnych cech strukturalnych jednostki przestrzennej, przez co w jednym obszarze znaleźć można osiedla domów jednorodzinnych, jak i zabudowę blokową, co może być związane ze znacząco odmienną charakterystyką mieszkańców.

W odróżnieniu od podejścia dyskretnie modelującego subrynki część badań w XXI wieku skierowała się ku definiowaniu subrynków jako obiektów ciągłych. Rozwój badań w tej dziedzinie powiązany był ze szczególnym nasileniem prac metodycznych nad geograficznie ważoną regresją (GWR), która otwierała nowe

możliwości modelowania cen nieruchomości. Dyskusyjna pozostaje jednak kwestia, czy podejście to można nazwać segmentacją, bądź podziałem na subryniki, gdyż w praktyce oznacza to, że dla każdej analizowanej nieruchomości tworzony jest osobny model oszacowany w oparciu o znajdujące się najbliżej inne transakcje kupna/sprzedaży mieszkania. Metoda ta posiada jednak szereg ograniczeń, które zostały opisane szerzej m.in. przez Wheelera (2014). Po pierwsze, znaczna część punktów w przestrzeni jest wielokrotnie używana do estymacji, co skutkuje wielokrotnym porównywaniem danych, przez co jest bardzo obliczeniochłonnym procesem. Po drugie, geograficznie ważona regresja wymusza sztuczne wygładzanie parametrów (Páez i in., 2011). Po trzecie, współliniowość może wpływać na źle oszacowaną zmienność przestrzenną i tym samym wyolbrzymić zmienność oszacowanych parametrów. Zaobserwowano ponadto pojawianie się silnej korelacji pomiędzy oszacowanymi parametrami modelu GWR. Ostatnią wspomnianą słabością jest fakt, iż oszacowany błąd standardowy jest tylko przybliżeniem, a testy statystyczne nie należą do procedur klasycznych, lecz stanowią jedynie pseudoodpowiedniki tradycyjnych testów i procedur (Helbich i in., 2013b). Najważniejszą jednak wadą użycia geograficznie ważonej regresji są trudności interpretacyjne wyników. W modelowaniu hedonicznym kluczowym elementem jest możliwość interpretacji marginalnej wartości poszczególnych dóbr. W przypadku modelowania za pomocą geograficznie ważonej regresji, każda nieruchomość dysponuje własnym modelem, a więc znacznie utrudnia to określenie ogólnego wpływu poszczególnych charakterystyk. Nie jest na przykład możliwe ustalenie, marginalnej ceny za wzrost odległości od centrum miasta). Z tego też powodu znacznie utrudniona pozostaje kwestia przestrzennej prognozy, która stanowi kluczowy element waloryzacji obszaru zabudowy mieszkalnej, będącej celem niniejszej pracy.

Inne podejście do delimitacji subrynków opiera się na próbie wyznaczenia ich granic w oparciu o informację zawartą w samych danych transakcyjnych (Abraham i in., 1994; Bourassa i in., 1999; Kauko i in., 2002; Helbich i in., 2013b). Polega ona na analizie skupień (*cluster analysis*) danych dotyczących nieruchomości oraz ich otoczenia, a następnie wyznaczaniu za ich pomocą subrynków. Aby zminimalizować wpływ współliniowości parametrów często stosowano najpierw analizę składowych głównych, a następnie używano obliczonych składowych jako danych wejściowych do algorytmów klastrowania danych (np. k-means, Abraham i in., 1994). Przeprowadzone testy (Bourassa i in., 1999) wykazywały przewagę subrynków wyznaczonych w ten sposób (wzrost precyzji szacunków) w porównaniu z metodami *ad hoc*. Jednocześnie Bourassa przeprowadził badania w Melbourne z użyciem kilku metod, co pozwoliło ustalić, że (przynajmniej w przypadku tego miasta) pojedyncze modele obliczone dla subrynków dawały mniejszą dokładność niż model globalny z użyciem sztucznej zmiennej i interakcji, zaś model GWR charakteryzował się największą precyzją szacunków choć ograniczoną możliwością interpretacyjną.

W podobnym podejściu Kauko i in. (2002) wykorzystali sieci neuronowe (*'Self Organizing Maps'*) do analizy nieliniowych zależności w rynku nieruchomości. Niestety dużą wadą proponowanej metody jest silna zależność wyników od parametrów wejściowych, których niewielka zmiana może powodować niestabilność delimitacji. Wiele z zaproponowanych podejść nie uwzględnia ponadto ciągłości przestrzennej jako ważnego elementu segmentacji rynku nieruchomości. Aby zaimplementować w tej metodzie ciągłość przestrzenną jako istotną charakterystykę subrynków Assuncao i in. (2006) zaproponowali użycie do klastrowania (zgrupowania) danych algorytmu SKATER (*Spatial 'K'luster Analysis by Tree Edge Removal*). W porównaniu do metod hierarchicznego klastrowania danych lub metody

k-średnich udało się dzięki temu uzyskać bardziej homogeniczne obszary. Metoda ta poddana została krytyce przez Guo (2008), który wykazał, że jest ona statyczna, tj. nie uwzględniająca potencjalnych zmian w relacjach pomiędzy klastrami pojawiających się w trakcie klastrowania. W efekcie, część obiektów w jednym klastrze może być bardziej podobna do obiektów z innego klastra. Zdaniem Helbich (Helbich i in., 2013b) algorytm SKATER mimo wszystko posiada przewagę nad innymi, proponowanymi przez Guo algorytmami, wynikającą z możliwości efektywnego przetwarzania średnich i dużych zbiorów danych, do których zaliczył zbiór ok. 2 tysięcy transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości zlokalizowanych w Austrii.

W delimitacji subrynków na podstawie danych często proponowane jest podejście, które dzieli miasto według typów zabudowy. Wykorzystywane są również cechy przestrzenne, takie jak sąsiedztwa, czy dostępności komunikacyjnej lub wieku, dochodów czy dominującej rasy/grupy społecznej (Schnare i in., 1976; Gabriel i in., 1984; MacLennan i in., 1987; Allen i in., 1995). W przypadku podziału dochodowego wychodzi się z założenia, że osoby zamożniejsze są gotowe płacić więcej za jednostkę danego dobra (np. jakość szkoły, powietrza, itp.) w celu ochrony jakości tych dóbr. Dyskryminacja rasowa w Stanach Zjednoczonych wyraźnie kształtuje subrynki przez co następuje niekiedy gettyzacja mniejszości rasowych. Charakterystycznym przykładem są dzielnice Nowego Jorku, gdzie przy tej samej ulicy po jednej stronie mieszkają osoby rasy białej, a po drugiej stronie rasy czarnej. Ceny nieruchomości są wyraźnie wyższe po stronie rasy białej mimo, że większość charakterystyk sąsiedztwa i lokalizacji pozostaje bez zmian.

Na szczególną uwagę wśród metod wyznaczania subrynków zasługuje praca Helblich i in. (2013), w której prezentowana jest nowa metoda mająca na celu wykorzystanie silnych stron wymienionych powyżej podejść. Metoda ta składa się z czterech kroków:

1. Obliczenie modelu geograficznie ważonej regresji dla danych transakcyjnych, w celu sprawdzenia niestacjonarności współczynników, a następnie interpolacja ich, aby uzyskać pokrycie dla całego obszaru zainteresowania.
2. Obliczenie składowych głównych za pomocą PCA na podstawie tych współczynników, które wykazują niestacjonarność.
3. Klastrowanie składowych głównych za pomocą algorytmu SKATER, a następnie ocena subrynków przez analizę średnich z modeli hedonicznych,
4. Porównanie wyników uzyskanych w wyniku modelowania hedonicznego (1) globalnego bez podziału na subrynki, (2) globalnego z uwzględnieniem subrynków jako sztucznych zmiennych, (3) z uwzględnieniem istniejących subrynków jako interakcjami, jak również (4) modeli pojedynczych wyliczonych dla każdego subryнку osobno.

Metoda ta posiada zalety geograficznie ważonej regresji uwzględniającej, zgodnie z definicją subrynków, zmienność postrzegania poszczególnych dóbr w przestrzeni. Dzięki zastosowaniu składowych głównych niweluje współliniowość uzyskanych parametrów. Użycie algorytmu SKATER wymusza także ciągłość przestrzenną przy zachowaniu stosunkowo szybkich obliczeń w przypadku dużych zbiorów danych. W swej pracy Helbich dzieli zbiór na część służącą segmentacji rynku (~1 900 punktów), trenowaniu modelu (~1 600 punktów) i testowaniu uzyskanych wyników (~300 punktów).

### 2.3. Metody oceny atrakcyjności miejsca zamieszkania

Współcześnie większość badań nad atrakcyjnością miejsca zamieszkania wykorzystuje metody subiektywne (przede wszystkim w postaci badań ankietowych, Czepkiewicz i in., 2018). Na postrzeganą atrakcyjność wpływają jednak wówczas (jak ukazano w rozdziale 2.1.1) indywidualne cechy i doświadczenie ankietowanego. W związku z powyższym w niniejszej pracy podjęte zostały działania mające na celu zbadanie tematyki atrakcyjności za pomocą bardziej zobiektywizowanej miary jaką są ceny m<sup>2</sup> mieszkań z rynku wtórnego. Modelowanie ich względem struktury krajobrazu możliwe jest dzięki istnieniu technologii geoinformacyjnych pozwalających przetwarzać dane i pozyskiwać informację przestrzenną dotyczącą charakterystyk nieruchomości wynikających z heterogeniczności przestrzeni.

Zdaniem D'Acci (2014) istnieją dwie podstawowe grupy metod waloryzacji krajobrazu: monetarne i nie monetarne:

- Nie monetarne metody waloryzacji krajobrazu:
  - ankietyzacja,
  - bonitacja punktowa.
- Monetarne metody waloryzacji krajobrazu:
  - analiza korzyści i strat,
  - wartość lokalizacji,
  - modelowanie hedoniczne.

#### 2.3.1. Badania ankietowe

Atrakcyjność jest subiektywnym odczuciem przyciągania do danego miejsca. Na to odczucie wpływa wiele, często nieuchwytnych czynników. W danym momencie na naszą percepcję otoczenia wpływa nasz wiek, stan zdrowia, sytuacja zawodowa, ale również czynniki dynamicznie się zmieniające, jak np. głód, lub wyjątkowo nieprzyjemna rozmowa (Rozdział 2.1). Część z tych czynników można rozpoznać stosując badania ankietowe, jakkolwiek w ich przypadku liczba ankiet i rzetelność ich wypełniania często zależy od liczby pytań. Niestety, wraz ze wzrostem liczby pytań spada zainteresowanie uczestnictwem w ankietowaniu lub poprawnym udzieleniem odpowiedzi.

W literaturze krajowej badania ankietowe zostały wykorzystane do oceny jakości przestrzeni miejskiej m.in. w pracach Kaczmarka (2017), Czepkiewicza (2017), Świąder (2016), Plebankiewicz (2017), czy Jażdżewskiej (2011).

### 2.3.2. Bonitacja punktowa

W porównaniu do badań ankietowych metody bonitacji punktowej w mniejszym stopniu obciążone są subiektywnymi ocenami respondentów (Sołowiej, 1992). Ekspert na podstawie literatury, własnej wiedzy oraz danych różnicujących przestrzeń podejmuje decyzje, co i w jakim stopniu jest istotne przy waloryzacji krajobrazu. Podejście bonitacyjne jest szczególnie przydatne do porównywania krajobrazów w sytuacji kiedy nie ma konieczności wyceny poszczególnych komponentów, a wystarczy określić, na przykład zróżnicowanie rzeźby terenu (Kot, 2015). Tradycyjnie, przyznawane są w niej punkty za przekroczenie odpowiedniej wartości progowej. Suma wszystkich punktów stanowi całkowitą wartość nadawaną krajobrazowi. Metoda ta, choć mniej obciążona subiektywną, trudną do zmierzenia opinią respondentów, uzależniona jest od decyzji eksperta.

Istotnym problemem związanym z metodą bonitacji punktowej jest podział (często sztuczny) obszaru badań na pola podstawowe (Miśkiewicz, 2009). Podział naturalny jest utrudniony ze względu na brak istniejących oficjalnych danych lub metod wydzielenia takich jednostek wewnątrz już zdefiniowanych, jak np. mezoregionów<sup>6</sup>.

### 2.3.3. Analiza korzyści-strat

Przydatną metodą (przede wszystkim w planowaniu przestrzennym) jest analiza korzyści i strat wynikających z planowanych zmian (Foltyn-Zarychta, 2008). Polega ona na oszacowaniu całkowitych zysków i strat dla społeczności. Pozwala porównywać zgłoszone do realizacji projekty, by wybrać ten, który przynosi więcej korzyści niż strat.

Duży nacisk w tej metodzie położony jest na monetarny pomiar korzyści i strat. Stanowi to zwykle problem, gdyż dwóch ekspertów może w inny sposób podejść do obliczeń niedoszacowując lub przeszacowując wpływ poszczególnych zmian w ekosystemie, co wcale nie musi wynikać ze złej woli, lecz z różnej metodyki obliczeń. Trudno na przykład jest oszacować ogólny efekt zmniejszenia korków w mieście. Aby uzyskać całkowity obraz zysków i strat należy uwzględnić kwestie zanieczyszczenia powietrza, czasu spędzonego w korkach, stresu i chorób wywoływanych stresem związanym ze stanem w korkach, a nawet korzyści wynikających z możliwości spędzenia więcej czasu z rodziną. Uwzględnienie wszystkich efektów interwencji jest praktycznie niewykonalne.

### 2.3.4. Wartość lokalizacji

Wartość lokalizacji (*positional value*) polega najczęściej na modelowaniu cen nieruchomości z użyciem znanych atrybutów strukturalnych, a następnie interpolacji reszt z modelowania jako atrakcyjności przestrzeni. Podejście to posiada tę zaletę, że zmniejsza konieczność szerokich badań terenowych i pozyskiwania danych przestrzennych dotyczących krajobrazu. Znajduje zastosowanie gdy posiadamy szczegółowe informacje o odbytych transakcjach, ze szczególnym uwzględnieniem stanu mieszkania, w związku z czym możemy założyć, że reszta z modelowania wynika z czynników przestrzennych.

<sup>6</sup>Potencjalnym rozwiązaniem jest wykorzystanie zaproponowanej w niniejszej pracy autorskiej metodyki regionalizacji, szerzej opisanej w rozdziale 4.4.1, która została zaimplementowana w postaci pakietu 'dspace' gotowego do wykorzystania w języku programowania R.

Inne podejście uwzględnia cechy przestrzenne, jednak do oszacowania ich wpływu wykorzystuje modele niepozwalające określić bezpośrednio wpływu poszczególnych czynników na atrakcyjność (np. geograficznie ważonej regresji). Zbadanie dlaczego dane miejsce jest bardziej atrakcyjne od innych wymaga w takiej sytuacji przeprowadzenia kolejnych badań.

Niewątpliwą zaletą metody wartości lokalizacji jest wysoka jakość predykcji. Zdaniem autora w wielu sytuacjach niezwykle trudne jest rozdzielenie wpływu poszczególnych zmiennych. Taka sytuacja zachodzi m.in. w Poznaniu, gdzie odległości od centrum są silnie negatywnie skorelowane z odległościami od lasów znajdujących się na obrzeżu miasta (więcej w rozdziale 4). W takiej sytuacji modele hedoniczne mogą wprowadzać w błąd sugerując negatywny wpływ lasu na atrakcyjność krajobrazu, gdy w rzeczywistości niższa atrakcyjność wynika ze spadku wartości nieruchomości wraz z odległością od centrum.

### 2.3.5. Modelowanie hedoniczne

Metodą waloryzacji krajobrazu, która jednocześnie pozwala w sposób przybliżony wycenić wpływ niezależnych czynników na atrakcyjność krajobrazu jest modelowanie hedoniczne cen nieruchomości (Rosen, 1974). Metoda ta jest szczególnie użyteczna w obszarach miejskich, gdzie przeprowadzana jest znaczna liczba transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości. **Poprzez uwzględnienie w modelu uczenia maszynowego<sup>7</sup> cech strukturalnych i przestrzennych możliwe jest określenie wpływu struktury krajobrazu na wartość danego mieszkania, tym samym umożliwiając wycenę atrakcyjności lokalizacji jako potencjalnego miejsca zamieszkania dla statystycznego mieszkańca miasta.**

Modelowanie hedoniczne jest obecnie jednym z bardziej popularnych na świecie podejść ekonomicznej wyceny wartości dóbr publicznych, np. cen nieruchomości (Schläpfer i in., 2015). Prace związane z modelowaniem hedonicznym zapoczątkował Court w roku 1939. Podstawy teoretyczne modelowania hedonicznego zawdzięcza teorii Lancastera przedstawionej w roku 1966, dotyczącej popytu i podaży na istniejące dobra. Zauważył on w swej pracy, że niektóre dobra są „kompozytowe”, tj. ich cena zależy od wartości indywidualnych charakterystyk jak w przypadku klienta, który kupując samochód bierze pod uwagę takie elementy jak np. spalanie, szybkość, czy przyspieszenie, a nawet prestiż (Xiao, 2012). Podstawy teorii wyceny hedonicznej zbudował jednak dopiero w roku 1974 Rosen (1974). To w jego pracy po raz pierwszy padło stwierdzenie, że możliwa jest wycena dobra jako sumy indywidualnych charakterystyk i, co za tym idzie, homogeniczne dobra, które składają się na cenę końcową da się wycenić za pomocą tego modelowania.

<sup>7</sup>Uczenie maszynowe obejmuje problematykę konstruowania algorytmów polepszających swoje działanie wraz z analizą doświadczenia reprezentowanego przez zbiór przykładów uczących (Krawiec i in., 2003)

W pracach poświęconych modelowaniu hedonicznemu cen nieruchomości rozpatrywany jest przeważnie wpływ trzech grup cech na wartość m<sup>2</sup> nieruchomości określoną podczas transakcji kupna/sprzedaży: cechy strukturalne nieruchomości, cechy lokalizacji oraz sąsiedztwa. Z podanych grup dwie są ściśle związane z przestrzenią miejską i są przeważnie opracowywane na podstawie danych GIS. Ogólna forma modelu hedonicznego przyjmuje postać:

$$P_i = X_i\beta + \epsilon_i, \quad (2.1)$$

gdzie  $P_i$  stanowi cenę m<sup>2</sup> nieruchomości,  $X_i$  - wektor charakterystyk nieruchomości,  $\beta$  - wektor parametrów do oszacowania, a  $\epsilon$  - reszty z modelowania. Ze względu na grupy cech nieruchomości często stosuje się wzór:

$$P = \alpha S + \beta E + \gamma L + \epsilon, \quad (2.2)$$

gdzie  $P$  stanowi wektor wartości m<sup>2</sup> nieruchomości,  $S$  - wektor cech strukturalnych nieruchomości,  $E$  - wektor cech środowiskowych (*environmental*),  $L$  - wektor cech lokalizacji.

Cechy strukturalne nieruchomości stanowią jeden z najważniejszych elementów modelowania hedonicznego cen nieruchomości. Wiele badań wskazuje, że mają one najsilniejszy wpływ na wartość mieszkania/domu. Najczęściej analizowane cechy strukturalne nieruchomości zostały zaprezentowane w tabeli 2.4.

Metoda modelowania hedonicznego jest niezależna od eksperckiego przyznawania punktów i nadawania rang. Również aktualny stan respondenta ma mniejszy wpływ na wyniki niż w przypadku badań ankietowych. Należy jednak mieć na uwadze, że dane transakcyjne nie są pozbawione wad. Dane dotyczące transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości pochodzą z Rejestru Cen i Wartości Nieruchomości. Są uzupełniane przez notariuszy, ale ich kompletność i rzetelność nie jest pozbawiona błędów.

Cena nieruchomości, a co za tym idzie również cena m<sup>2</sup> nieruchomości może być zawyżona lub zaniżona z nieznanych powodów wynikających nie tylko z błędnego wprowadzenia wartości (np. wartość 100 000 zł za m<sup>2</sup>). W przypadku transakcji na rynku wtórnym oficjalnie zadeklarowane ceny mogą być zaniżone, aby kupca stać było na wzięcie kredytu mieszkaniowego na preferencyjnych warunkach, podczas gdy pozostała kwota zostaje przekazana w innej formie, np. oficjalnie zapisana jako remont mieszkania bądź wartość garażu. Ponadto mimo, iż kupno mieszkania jest jedną z droższych inwestycji większości ludzi, zdarza się, że konieczny jest szybki zakup nowego mieszkania, co w efekcie przyczynić się może do akceptacji zawyżonej oferty. Dzieje się tak, gdy dana osoba zamienia jedno mieszkanie na drugie. Szybka sprzedaż obecnie posiadanego mieszkania może zmusić do dokonania szybszej, mniej korzystnej, transakcji.

Własne miejsce zamieszkania jest jedną z podstawowych potrzeb człowieka (McLeod, 2007). Potrzebuje on prywatnej przestrzeni, w której będzie czuł się wolny i nieskrępowany, miejsca snu i odpoczynku, jak również podtrzymywania więzi rodzinnych i spotkań z przyjaciółmi. Mieszkanie staje się tym samym jednym z najważniejszych dóbr, jakie może posiadać człowiek. Większość decyzji o kupnie pozostaje więc przemyślana. W konsekwencji, duża liczba transakcji powinna pozwolić lepiej oszacować wpływ zewnętrznych czynników na ich ceny.

Ceny m<sup>2</sup> nieruchomości zależą przede wszystkim od współzależności pomiędzy popytem i podażą. W przestrzeni wolnorynkowej, to gracze na rynku kupna - sprzedaży nieruchomości decydują o ostatecznej cenie poprzez negocjacje. Upraszczając,

TABELA 2.4: Wpływ wybranych cech strukturalnych nieruchomości na cenę m<sup>2</sup> (Xiao, 2012)

Typ zmiennej	Zmienna	Literatura	Liczebność próby	wpływ na cenę
Cechy strukturalne	powierzchnia	Sirmans i in., 2006	58	wzrost
	Wielkość pomieszczeń		41	wzrost
	Wiek zabudowy		71	spadek
	Liczba sypialni		33	wzrost
	Liczba łazienek		50	wzrost
	Garaż		29	wzrost
	Basen		34	wzrost
	Kominek		29	wzrost
	Klimatyzacja		28	wzrost
	Stan mieszkania	Kain i in., 1970	579/275	wzrost
	Stan budynku			wzrost
	Liczba pokoi			wzrost



właścicielowi zależy, by sprzedać za jak najwyższą cenę, a kupiec chce zapłacić jak najmniej. Jeżeli sprzedawca znacząco zawyży wartość nieruchomości, znalezienie nabywcy będzie mało prawdopodobne. Jednocześnie, jeżeli nabywca chciałby kupić za zbyt niską cenę, wówczas (w przestrzeni miejskiej, gdzie występuje stały niedobór mieszkań) najprawdopodobniej w krótkim czasie znajdzie się nowy kupiec. W ten sposób uzgodniona zostaje wartość nie tylko nieruchomości, ale i jej lokalizacji. Nawet jeżeli sam kupiec, nie analizuje świadomie wszystkich czynników, jakie wpływają na cenę mieszkania, to jednak poprzez porównywanie z innymi miejscami rozpoznaje, że ceny mieszkań nie są jednorodne w przestrzeni. Różnice w cenach podobnych mieszkań w centrum i na przedmieściach będą niekiedy przekraczać w obecnej sytuacji nawet 1000 zł/m<sup>2</sup>.

Zasady współdziałania popytu i podaży w naukach ekonomicznych (Giza, 2016) koncentrują się na zasadzie, że rzadkie dobro kosztować będzie tym więcej im większe będzie na niego zapotrzebowanie. Przykładowo: wolnej przestrzeni na rozwój mieszkalnictwa w centrum jest bardzo mało, co wpływa na wysokie ceny powierzchni, podczas gdy na obrzeżach miasta wolnych do zagospodarowania gruntów jest stosunkowo dużo. Naturalnie, przedstawiony schemat jest bardzo uproszczony, gdyż na wysokie ceny nieruchomości w centrum wpływa cały szereg innych czynników, takich jak bliskość usług wyższego rzędu, dostęp do muzeów, filharmonii, galerii handlowych, bliskość miejsca pracy i szereg innych.

Mimo szerokiego wykorzystania metodyki modelowania hedonicznego na świecie, w Polsce nie jest ona popularna. W efekcie niewiele prac poświęcono modelowaniu hedonicznemu w ogóle i zaledwie kilka znaczących pozycji powstało na temat wykorzystania modelowania hedonicznego w celach analizy stanu środowiska lub oceny krajobrazu.

W literaturze polskiej warto podkreślić pracę Moniki Bazyl (2009), w której na podstawie 2 300 zapisów cen nieruchomości pochodzących ze stron internetowych stworzono modele hedoniczne uwzględniające przestrzenną autokorelację. W pracy tej jako jedne z kluczowych zmiennych mających wpływ na cenę nieruchomości w Warszawie określono odległość od stacji metra, obszarów zieleni miejskiej i obszarów przemysłowych.

Stosowane w analizie hedonicznej na świecie podejścia uwzględniają również modelowanie wartości czynszu lub płac pracowników (Baranzini i in., 2008; Graves, 2011). W innych pracach stosowane były one nie tylko do samego oszacowania wartości nieruchomości, ale także w ocenie statystycznej wartości życia (*Value of statistical life* - VSL) lub jakości życia w mieście (*Quality of Urban Life* - QOUL, McCrea i in., 2011).

Podstawa teoretyczna modelowania hedonicznego zakłada, iż podmioty biorące udział w transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości (kupujący oraz sprzedający) mają pełną wiedzę na temat zalet i wad przedmiotu transakcji, jak również na temat całego potencjalnego obszaru analizy. Innymi słowy muszą mieć pełną wiedzę na temat jakości powietrza w danym miejscu, jaki ma ono wpływ na zdrowie i jakość życia, ale też o ile jest jakość powietrza lepsza lub gorsza niż w innych miejscach (Graves, 2011). Założeniu temu nie da się w pełni sprostać i jest ono mocno ograniczone w przypadku gdy rynek nieruchomości jest zdominowany przez panujące zasady popytu i podaży, na przykład gdy rynek nieruchomości nie jest ściśle kontrolowany przez rząd. Wówczas transakcja, która ma cenę zawyżoną nie znajdzie

kupca, w związku z czym cena będzie obniżana aż osiągnie wartość akceptowalną dla uczestników transakcji.

Krytycy modelowania hedonicznego wskazują na kilka innych mankamentów. Założenia metodyczne wymagają m.in. braku kosztów przeprowadzenia transakcji, co jest bardzo trudne do zrealizowania lub choćby do uwzględnienia. Słuszną uwagę podnieśli również Follain i Jimenez (1985) na temat popytu, twierdząc, że modelowanie hedoniczne określa marginalną wartość jaką nabywca jest w stanie zapłacić tylko przy założeniu homogeniczności kupujących. W rzeczywistości jednak ludzie znacząco różnią się dochodami, wykształceniem czy potrzebami, co ma istotny wpływ na to gdzie i za ile będą szukali mieszkania. Co więcej, w niektórych sytuacjach mogą przejść od decyzji o kupnie nieruchomości do wynajmu, gdyż nie posiadają odpowiedniego kapitału ani nie mogą zaciągnąć kredytu, a pilnie potrzebują miejsca do zamieszkania. Sytuacja taka nie uwzględnia, iż rynek wynajmu może charakteryzować się odmiennymi zasadami, przez co wynik modelowania mógłby być odmienny od wyniku na rynku transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości. Na tej podstawie stwierdzono, że marginalna wartość danego dobra ustalona przez modelowanie hedoniczne nie jest dokładnie równa marginalnej wartości tzw. gotowości do zapłaty (ang. *willingness to pay*), a zatem również nie jest równa popytowi na dane dobro.

W pracy Freemana (1979) wspomniano również o problemie elastyczności, to jest szybkości dostosowywania się rynku do potrzeb ze strony popytu. Jakkolwiek rynek nieruchomości wydaje się dość stabilny w czasie, mogą istnieć silne zachwiania wynikające z nowych inwestycji lub ze zmian społecznych. Szacuje się na przykład, że w XXI wieku nastąpiło znaczące zwiększenie procesów suburbanizacji w Polsce (Szymańska i in., 2002). Zjawisko to w sposób istotny wpłynęło na rozwój mieszkalnictwa podmiejskiego, ale również na wyludnianie się centrum miast. Zjawisko to jest potencjalnie trudne do uwzględnienia w modelowaniu hedonicznym, gdyż ceny nieruchomości gorzej odzwierciedlały realne zapotrzebowanie kupujących.

Pomimo zalet jakie niewątpliwie posiada podejście modelowania hedonicznego w określaniu ekonomicznej wartości krajobrazu z uwzględnieniem poszczególnych jego składowych należy mieć na uwadze potencjalne problemy, które zostały szeroko opisane w literaturze. Do najczęściej wspominanych ograniczeń występujących podczas modelowania hedonicznego zaliczyć można (Hebák i in., 1982) przede wszystkim problem:

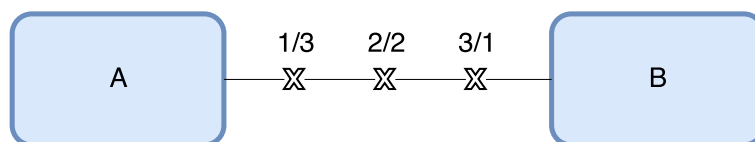
1. pominiętej zmiennej,
2. współliniowości (multikolinearności),
3. autokorelacji przestrzennej zmiennej zależnej,
4. formy modelu,
5. podziału obszaru badań na subrynki.

#### **Pominięcie zmiennej**

Problem pominiętej zmiennej występuje, gdy nie zostanie uwzględniona ważna zmienna niezależna. Możliwe jest wówczas, że inne, będące z nią skorelowane zmienne przejmą częściowo jej wpływ na wartość nieruchomości. Współczynniki tych skorelowanych zmiennych zostaną wówczas zawyżone lub zaniżone zgodnie z wpływem pominiętych zmiennych (Gujarati, 2014).

### Współliniowość

Współliniowość stanowi podobny, z punktu widzenia modelowania, problem, który powstaje gdy zmienne dobrane do modelu są ze sobą silnie skorelowane. W efekcie, podobnie jak przy pominiętych zmiennych, parametry zostają obciążone. Przykładem współliniowości jest uwzględnienie równocześnie zmiennych dotyczących hałasu i zanieczyszczeń pochodzących z użytkowania dróg. Innym przykładem są odległości euklidesowe mierzone od dwóch obiektów. Rozpatrując sytuację w dużym uproszczeniu (Ryc. 2.3), biorąc pod uwagę dwa obiekty i nieruchomości leżące pomiędzy nimi, im dalej jesteśmy od obiektu *A* tym bliżej jesteśmy obiektu *B*, przez co istnieje między nimi idealna liniowa ujemna korelacja. W efekcie nie jest wiadomo, czy zmianę ceny powoduje wzrost odległości od obiektu *A*, czy spadek odległości do obiektu *B*. W przypadku wielowątkowej struktury miasta poziom „splątania” zmiennych jest znacznie bardziej skomplikowany, a wzajemne zależności, choć silne, nie są aż tak jednoznaczne.



RYC. 2.3: Zależność zmian odległości między dwoma obiektami - wraz ze wzrostem odległości od obiektu *A* o jedną jednostkę (1,2,3) maleje jego odległość do obiektu *B* (3,2,1).

Istnieje kilka potencjalnych rozwiązań zaistniałego problemu. W literaturze światowej przeważa metoda odrzucania jednej z silnie skorelowanych zmiennych (Tse, 2002). Za pomocą analizy składowych głównych rozpatruje się, które czynniki są ze sobą silnie powiązane, a następnie odrzuca te, które wnoszą mniej informacji do modelu. Podejście to nie jest powszechnie stosowane ponieważ nie wykazało szczególnej poprawy wartości predykcyjnej modelu (Panduro i in., 2014), przy jednoczesnym znacznym utrudnieniu interpretacji uzyskanych wyników.

Innym podejściem służącym odrzuceniu zbędnych zmiennych jest zastosowanie regresji krokowej (*stepwise regression*, zob. Panduro i in., 2014). Pierwsza z nich dodaje po kolei zmienne istotne ze względu na predykcję zmiennej zależnej, natomiast druga bierze początkowo wszystkie zmienne pod uwagę i systematycznie usuwa te, które wnoszą najmniej informacji. Metody te były zastosowane m.in. w pracach Gao (2007), Shen (2017), czy Bouraassa (2007).

W pracy Yoo i in. (2012) zawarto porównanie metod wyboru zmiennych za pomocą regresji krokowej oraz z użyciem metody uczenia maszynowego lasów losowych (*Random Forest*). Wykazano w niej, że metody oparte o uczenie maszynowe poprawiają jakość doboru zmiennych. Badania przeprowadzone w hrabstwie Onondaga w stanie Nowy Jork (Yoo i in., 2012) wykazały, że model liniowy utworzony na podstawie regresji krokowej tłumaczył 76% zmienności ceny, natomiast model utworzony z użyciem algorytmu *Random Forest* - 97%.

Częstym rozwiązaniem w sytuacji współliniowości jest również stosowanie uproszczonego modelu, w którym zamiast odległości stosuje się sztuczną zmienną przyjmującą wartość '1' jeżeli nieruchomość mieści się w zadanym promieniu od obiektu i '0' jeżeli jest dalej. Rozwiązanie to, choć radzi sobie z problemem współliniowości zmiennych, generuje inny, a mianowicie określenie, jaka odległość od

obiektu będzie istotna? Rozwiązanie to zakłada również, że każda nieruchomość będąca w danym zasięgu traktowana jest tak samo, podczas gdy nieruchomość będąca przykładowo w odległości do 50 metrów od przystanku komunikacji publicznej może mieć niższą wartość ze względu na generowany hałas i natężenie ruchu, ale jednocześnie cena nieruchomości w odległości między 50-500 metrów od przystanku będzie wyższa ze względu na ułatwioną dostępność transportową.

W rozwiązaniu powyższego problemu nie pomaga fakt, że odległości (dostępność) można mierzyć na różne sposoby. Najpowszechniejszą metodą jest zastosowanie odległości euklidesowej. Rzadziej stosowane są dostępności związane ze środkiem poruszania się, to jest czasem dotarcia pieszo, samochodem lub komunikacją publiczną (Heyman i in., 2015). Każda z tych miar może być ponadto transformowana. Według wielu badań lepsze wyniki otrzymuje się pracując z modelami logarytmicznymi lub semi-logarytmicznymi niż bez zastosowania transformacji danych (Bazyl, 2009, Cervero i in., 2011).

### **Autokorelacja przestrzenna**

Jednym z podstawowych założeń w modelowaniu regresyjnym jest niezależność obserwacji od siebie nawzajem. Ceny m<sup>2</sup> nieruchomości wykazują jednak często autokorelację przestrzenną (Chrostek i in., 2013). Mimo to, w wielu pracach nie jest ona uwzględniana (Zydroń i in., 2013, Cebula, 2009, Aguilera i in., 2011).

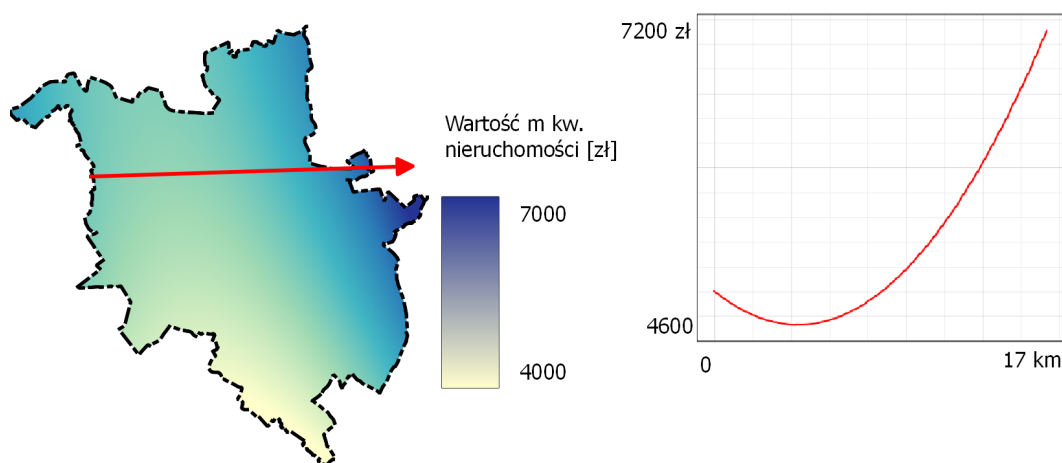
Przyczyną autokorelacji przestrzennej są przede wszystkim trzy zjawiska: (1) nieuwzględniona zmienna strukturalna, (2) wycena nieruchomości na podstawie już istniejących ofert w pobliżu lub (3) błędna specyfikacja modelu. W niniejszej pracy ceny nieruchomości również wykazują autokorelację przestrzenną zmierzoną globalną statystyką Morana I dla transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości w promieniu 500 m.

Mimo istnienia autokorelacji przestrzennej cen nieruchomości, autor niniejszej rozprawy zdecydował się nie tworzyć modeli autoregresji przestrzennej (określanych inaczej jako modele ekonometrii przestrzennej). Decyzja ta podyktowana jest kilkoma przyczynami. Po pierwsze, przedmiotem zainteresowania jest zależność cen od czynników przestrzennych, która to zależność jest silnie związana z autokorelacją przestrzenną. W celu zniwelowania wpływu jaki mogą mieć pominięte zmienne podczas modelowania użyto znacznej liczby czynników przestrzennych, których ostateczna liczba została następnie zredukowana tylko do istotnych statystycznie (Rozdział 5). Ponadto, modele ekonometrii przestrzennej zakładają liniową zależność zmiennych zależnych od zmiennych niezależnych. W celu sprawdzenia jaki jest kształt funkcji ukazujących analizowane relacje zastosowano trzy specyfikacje modelu uwzględniające zróżnicowane formy przekształcania, tj. (1) modele regresji liniowej uwzględniające logarytmizację wybranych zmiennych, (2) zgeneralizowany model addytywny oraz (3) model lasów losowych (Rozdział 5). Kolejnym powodem rezygnacji z wykorzystania modeli ekonometrii przestrzennej jest fakt, że wiele transakcji posiada te same współrzędne geograficzne, co utrudnia przeprowadzenie modelowania z uwzględnieniem autokorelacji przestrzennej. Trudność ta związana jest z ustaleniem macierzy wag i zdefiniowania sąsiedztwa, które stanowią same w sobie istotny problem metodologiczny (Pietrzykowski, 2011). Uwzględnienie relacji sąsiedztwa i istnienia odpowiednich klastrów w przestrzeni miasta zostało w niniejszej pracy zaimplementowane poprzez wyznaczenie subrynków nieruchomości za pomocą autorskiej metody opisanej szerzej w rozdziale 4. Ostatnim

powodem rezygnacji z modeli autoregresji przestrzennej są trudności z wykorzystaniem ich w przestrzennej prognozie, która stanowi jeden z głównych celów niniejszej pracy służącej przestrzennej waloryzacji atrakcyjności obszarów zabudowy mieszkalnej.

Jak wykazały prace Ceccato 2011 i Wang 2005 modele ekonometrii przestrzennej (zarówno przesunięcia przestrzennego jak i błędu przestrzennego) mogą znacząco poprawić oszacowanie współczynników kierunkowych. Z tego też względu jest to niewątpliwie kierunek, który warto zbadać, jednak, z wyżej wymienionych powodów, nie został on przedstawiony w niniejszej pracy.

W celu uproszczonej prezentacji autokorelacji przestrzennej cen nieruchomości w kontekście całego miasta na rycinie 2.4 przedstawiono obliczony na podstawie cen m<sup>2</sup> nieruchomości dwumianowy trend przestrzenny dla miasta Poznania. Zaobserwować można, że wysokie ceny zdominowały tu wschodnie i zachodnie granice miasta, zaś najniższe znaleźć można na południu miasta.



RYC. 2.4: Dwumianowy trend przestrzenny obliczony na podstawie cen m<sup>2</sup> transakcji kupna sprzedaży nieruchomości w Poznaniu w latach 2008-2014.

#### Forma funkcyjna modelu

Modelowanie hedoniczne stanowi ogólną nazwę modeli o wielu formach, których wspólnym celem jest określenie marginalnego wpływu zmiennych niezależnych na zmienną zależną (Rosen, 1974). Według Cassela (1985) wybór formy zależy od założeń przyjętych przez zespół badawczy. W związku z powyższym, w badaniach poświęconych modelowaniu hedonicznemu wartości nieruchomości (lub ceny /m<sup>2</sup>) stosowane były różnorodne modele:

- modele regresji liniowej (Schlöpfer i in., 2015, Helbich i in., 2013c),
- modele logarytmiczne i semi-logarytmiczne (będące w rzeczywistości rodzajem modeli regresji liniowych, w których wszystkie lub część zmiennych poddanych zostało transformacji (Cebula, 2009; Debrezion i in., 2007a; Schlöpfer i in., 2015; Yamagata i in., 2016; Jim i in., 2006),

- modele z uwzględnieniem autokorelacji przestrzennej (Kestens i in., 2002; Nilsson, 2013; Wang i in., 2005; Mulley i in., 2016; Hanink i in., 2012),
- zgeneralizowane modele addytywne (*general additive models* - GAM, Geniaux i in., 2008; Panduro i in., 2013; Helbich i in., 2013c; Jun, 2012).

W modelowaniu cen nieruchomości wykorzystywane były również modele geograficznie ważonej regresji (Bitter i in., 2007a, Lu i in., 2014) oraz lasów losowych (Antipov i in., 2012), choć te częściej służyły delimitacji subrynków lub samej predykcji cen nieruchomości niż hedonicznej wycenie komponentów ze względu na duże utrudnienia w oszacowaniu wpływu poszczególnych czynników na ceny nieruchomości w obrębie większego obszaru.

Dotychczasowe badania rzadko niestety porównują wyniki uzyskane za pomocą różnych funkcji (Sirmans i in., 2005). Teorie ekonomiczne również nie dają wskazówek odnośnie doboru specyficznej funkcji (Xiao, 2017). Formy funkcyjne zastosowane w modelowaniu hedonicznym cen nieruchomości w niniejszej pracy zostały szerzej opisane w rozdziale 5.

## **2.4. Stan wiedzy na temat atrakcyjności miejsca zamieszkania w Poznaniu**

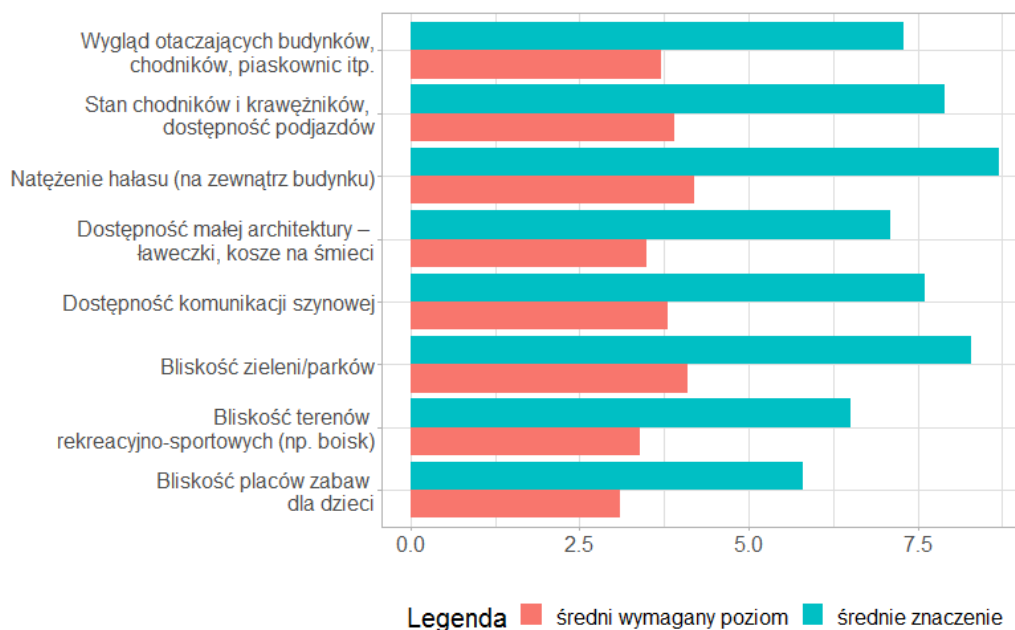
W opracowanym przez Centrum Badań Metropolitalnych raporcie „Stan i kierunki rozwoju mieszkalnictwa w Metropolii Poznań” (2017) opisane zostały szeroko badania dotyczące preferencji związanych z wyborem miejsca zamieszkania. Część wyników została również przedstawiona w podziale na gminy co pozwala wstępnie określić, jakie cechy nieruchomości są deklarowane jako szczególnie atrakcyjne przez osoby ankietowane w Poznaniu (Tab. 2.5). Zdaniem autorów raportu, wyniki ankiet wskazują na to, że wiele czynników kształtujących postrzeganie miejsca zamieszkania jako atrakcyjne jest istotnych w podobnym stopniu. Osoby ankietowane mogły udzielać odpowiedzi w skali 1-10 oceniając istotność poszczególnych czynników. Większość ocen posiada bardzo wysokie wartości, co być może wynika z postawy życzeniowej.

Analiza wyników dostarcza informacji, że mieszkańcy Poznania w pierwszej kolejności kierują się cechami związanymi z samą nieruchomością: stanem technicznym mieszkania czy budynku, a dopiero w późniejszej kolejności czynnikami przestrzennymi takim jak lokalizacja czy widok z mieszkania. Szczegółowych informacji dotyczących otoczenia mieszkania dostarcza rycina 2.5 (opracowana na podstawie Kaczmarek i in., 2017). Mimo, że oceny respondentów są niższe niż w przypadku cech związanych z jakością mieszkania i budynku, autorzy opracowania zwracają uwagę, że oceny te wciąż należą do ponadprzeciętnych.

Wiele prac zwraca uwagę, że ceny nieruchomości są uzależnione od lokalizacji oraz przestrzeni, sąsiedztwa i dostępności obiektów. Na podstawie opracowania przygotowanego przez Centrum badań Metropolitalnych (Kaczmarek i in., 2017) można wyciągnąć wnioski, iż w Poznaniu ten trend jest również zauważalny.

	średnie znaczenie	średni wymagany poziom
<b>Lokalizacja</b> (rejon, miejscowość, centrum, na peryferiach, itp.)	8,6	4,1
<b>Wygląd budynku</b> (estetyka elewacji)	7,8	3,9
<b>Technologia wykonania budynku</b> (jakość, trwałość)	8,7	4,3
<b>Ogólny stan techniczny budynku</b>	8,8	4,4
<b>Stan techniczny mieszkania</b>	8,9	4,4
<b>Wielkość mieszkania</b> (w stosunku do potrzeb)	8,5	4,2
<b>Układ pomieszczeń</b> (funkcjonalność i ustawność)	8,5	4,2
<b>Ogrzewanie</b> (komfort ogrzewania w stosunku do jego kosztów)	8,8	4,3
<b>Jasność pomieszczeń</b>	8,5	4,2
<b>Atrakcyjność widoku z okna</b>	7,8	3,9

TABELA 2.5: Znaczenie i minimalny poziom preferencji związanych z mieszkaniem w Poznaniu. źródło: Kaczmarek i in., 2017



RYC. 2.5: Wpływ czynników przestrzennych na wybór miejsca zamieszkania (źródło: Kaczmarek i in., 2017)

Do momentu pisania niniejszej pracy niewiele badań zostało przeprowadzonych w zakresie atrakcyjności obszaru miejsca zamieszkania w Poznaniu lub waloryzacji przestrzeni miejskiej Poznania. Najbardziej kompleksowe opracowanie zostało przedstawione przez internetowy serwis sprzedaży nieruchomości „Otodom” (OTODOM, 2016). W tymże raporcie na podstawie ankiet przeprowadzonych wśród 3 327 mieszkańców Poznania opracowano ranking dzielnic w 10 kategoriach:

1. Mieszkam w bezpiecznej okolicy i nie boję się wracać do domu po zmroku.
2. W moim sąsiedztwie jest czysto, śmieci usuwane są regularnie.
3. W mojej okolicy jest dużo zieleni.
4. Z mojego miejsca zamieszkania łatwo dostać się do pracy lub szkoły.
5. W pobliżu mojego domu mogę zrobić wszystkie podstawowe zakupy.
6. W mojej okolicy jest dużo ciekawych miejsc spędzania wolnego czasu, takich jak na przykład kawiarnie, restauracje, kina itp.
7. W mojej okolicy znajduje się wszystko co niezbędne dla dzieci: plac zabaw, przedszkole, przychodnia, szkoła, itp.
8. Ludzie, którzy mieszkają w mojej okolicy są przyjaźni i uprzejmi.
9. Moja okolica jest zadbana, jestem zadowolony z prac służb komunalnych.
10. Ceny towarów i usług w mojej okolicy nie są wygórowane.

Powyższe stwierdzenia można było ocenić w skali od 1 do 7, gdzie 1 oznaczało „zupełnie się nie zgadzam”, a 7 - „zgadzam się w pełni”. Ponadto respondentów zapytano na ile prawdopodobne (w skali od 0 do 10) jest, że poleciliby znajomym mieszkanie w swojej okolicy i określono ogólny współczynnik rekomendacji (*Net Promoter Score* - NPS). W tabeli (2.6) zaprezentowano dzielnice, które otrzymały 3 najwyższe oceny w poszczególnych kategoriach.

Mimo zróżnicowanych kategorii (zarówno społecznych, ekonomicznych jak i środowiskowych) zaobserwować można wyraźne tendencje wśród dzielnic. Wysokie wyniki powtarzały się przede wszystkim w dzielnicach: Ławica, Piątkowo, Strzeszyn i Winogrody.



TABELA 2.6: Ranking dzielnic z raportu OtoDOM (OTODOM, 2016)

Kategoria	Miejsce 1	Wynik	Miejsce 2	Wynik	Miejsce 3	Wynik
Bezpieczeństwo	Winogrody	5,70	Ławica	5,67	Podolany, Strzeszyn, Szczepankowo	5,64
Sąsiedzi	Strzeszyn	5,63	Ławica	5,42	Smochowice	5,32
Zieleń	Ławica	6,56	Warszawskie	6,38	Naramowice	6,35
Czysta okolica	Ławica	6,03	Strzeszyn	5,98	Winogrody	5,64
Zadbana okolica	Strzeszyn	5,59	Winogrody	5,57	Ławica	5,50
Łatwe dojazdy	Winiary	6,26	Piątkowo	6,24	Łazarz	6,13
Czas wolny	Stare Miasto	5,99	Sołacz	5,28	Łacina	5,15
Wygodne zakupy	Winogrody	6,51	Piątkowo	6,45	Rataje	6,43
Ceny	Dębiec	5,12	Podolany	5,04	Piątkowo	5,00
Dzieci	Rataje	6,24	Piątkowo	6,17	Winogrody	6,11
NPS	Strzeszyn	53,00	Piątkowo	41,00	Ławica	39,00



## Rozdział 3

# Źródła danych wykorzystanych w procesie oceny atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej

Niniejsza praca opiera się na kilku podstawowych zbiorach danych, które pozyskane zostały z oficjalnych baz i rejestrów. Jednakże, aby można było je wykorzystać do analizy atrakcyjności zabudowy mieszkalnej konieczna była ich weryfikacja, a czasem przetworzenie do innej postaci z użyciem geoinformacyjnych narzędzi (Werner, 1992). W niniejszym rozdziale opisane zostały pokrótce pozyskane zbiory danych oraz proces ich przetwarzania na potrzeby pracy badawczej.

### 3.1. Rejestr Cen i Wartości Nieruchomości

Ceny m<sup>2</sup> nieruchomości stanowią w niniejszej pracy zmienną zależną modelowaną hedonicznie. W rozdziale 1 wykazano, że wartość ta może zawierać informacje o przybliżonej atrakcyjności krajobrazu miejsca zamieszkania. Dane dotyczące cen pozyskane zostały z Rejestru Cen i Wartości Nieruchomości uzupełnianego na bieżąco przez notariuszy, który znajduje się w dyspozycji powiatowych ośrodków dokumentacji geodezyjnych i kartograficznych. Dane te obejmują transakcje kupna/sprzedaży mieszkań w latach 2008-2014 w obszarze miasta Poznania z rynku wtórnego oraz pierwotnego.

Według pierwotnych założeń pracy uwzględnione miały być wszystkie transakcje przeprowadzone również w powiecie Poznańskim dając wgląd w szerszy kontekst przestrzenny cen nieruchomości. Niestety po pozyskaniu tych dodatkowych danych okazały się one być niekompatybilne z danymi dla obszaru miasta Poznania, gdyż udostępnione zostały w innym, trudnym do przetworzenia komputerowo formacie danych (*Portable Document Format - pdf*). Z tego względu zrezygnowano z uwzględnienia powiatu Poznańskiego w niniejszym badaniu.

Na potrzeby pracy wykorzystano rekordy dotyczące transakcji lokali z rynku wtórnego pełniących funkcję mieszkalną. Rynek pierwotny został odrzucony ponieważ wykazuje punktowe koncentracje w przestrzeni miasta i jednocześnie może charakteryzować się inną relacją pomiędzy strukturą krajobrazu, a ceną nieruchomości, a mianowicie nabywcy lokali z rynku pierwotnego mogą częściej należeć do zamożniejszej grupy mieszkańców, tym samym inaczej ceniąc wybrane dobra przestrzenne, np. kładąc większy nacisk na jakość środowiska przyrodniczego lub mniejszy na przystanki komunikacji publicznej, gdyż korzystają z prywatnych samochodów.

Na podstawie adresu dokonano geokodowania danych - nadano im współrzędne - lokalizując je tym samym w przestrzeni miasta. Do zgeokodowania transakcji użyto funkcji geocode z pakietu ggmap, która nadaje współrzędne w oparciu o algorytmy zaimplementowane w serwisie google map (Kahle i in., 2013). Następnie odrzucono wartości niereprezentatywne (np. znajdujące się na półpiętrach) oraz posiadające braki danych uzyskując zbiór danych obejmujący 12 067 transakcji. Ponad 11 tysięcy z nich (na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych) to budynki wielorodzinne, a mniej niż 500 to budynki jednorodzinne. Do dalszej analizy przyjęto więc 11 066 transakcji mających miejsce w budynkach wielorodzinnych. Podsumowując, na potrzeby niniejszej pracy dane zostały wyselekcjonowane pozostawiając tylko te transakcje, które dotyczyły **rynku wtórnego, ceny m<sup>2</sup> mieściły się w przedziale od 1 000 do 10 000zł, a mieszkania znajdowały się w budynkach wielorodzinnych.**

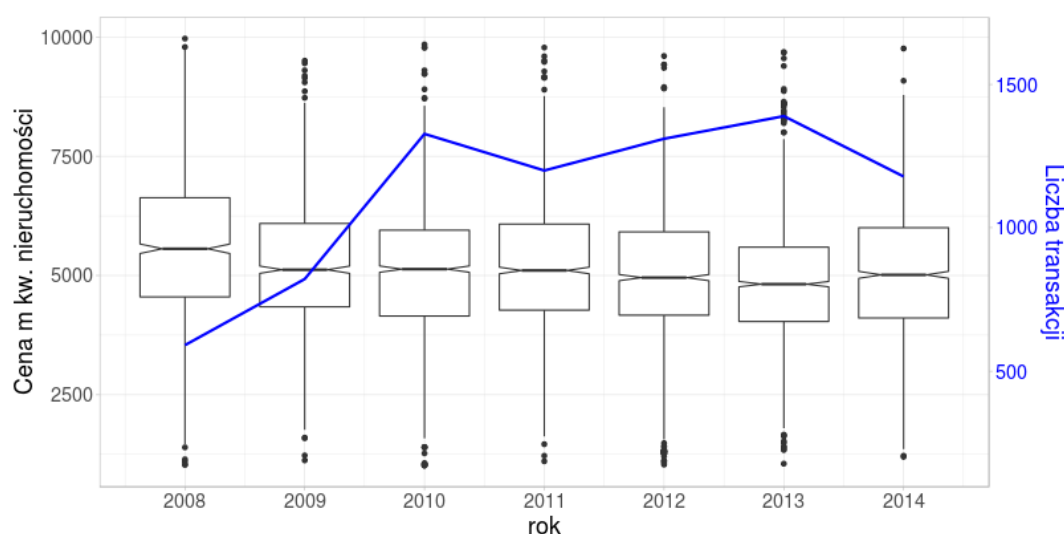
Rejestr Cen i Wartości Nieruchomości posiada niezbędne do modelowania cen m<sup>2</sup> informacje dotyczące cech strukturalnych mieszkań. Opisują one fizyczny stan mieszkania lub budynku, w którym znajduje się mieszkanie. Jak wskazano wcześniej (zob. rozdział 2), szereg badań potwierdza, że to właśnie one mają największy wpływ na cenę mieszkania. Stan mieszkania determinuje m.in. czy będą potrzebne dodatkowe nakłady na remont. Powierzchnia użytkowa również ma wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości: duże mieszkania kosztują więcej, co za tym idzie jest na nie mniejszy popyt, a więc cena m<sup>2</sup> również musi być niższa. Oficjalne dane dotyczące transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości nie są niestety kompletne, ani nie zawierają wielu informacji o cechach strukturalnych nieruchomości. Największym ich mankamentem jest brak informacji o stanie fizycznym i wieku zabudowy.

Do najważniejszych cech nieruchomości mających istotne znaczenie dla ceny metra kwadratowego zaliczyć można kondygnację, powierzchnię nieruchomości oraz liczbę izb. Zmienną, która powinna mieć pozytywny wpływ na wartość m<sup>2</sup> nieruchomości było potencjalne i istniejące uzbrojenie. Niestety w wyniku prac okazało się, że wpływ ten jest negatywny, co wydaje się być powiązane z niekompletnym wypełnieniem tego atrybutu w rejestrze. Z tego też względu odrzucono tę zmienną w dalszej analizie.

### 3.1.1. Charakterystyka czasowa rynku nieruchomości w Poznaniu

W latach 2008-2014 w Poznaniu nastąpił wzrost liczby sprzedanych nieruchomości na rynku wtórnym z ok 1 100 mieszkań (w 2008 roku) do ponad 1 600 (w 2014, zob. Ryc. 3.1). W tym samym czasie średnia cena m<sup>2</sup> nieruchomości wyniosła 5 060 zł. Najwyższa średnia wartość blisko 5 500 zł odnotowano w 2008 roku. Do 2010 roku spadła ona do wartości 5 000, by następnie odnotować wzrost do ok. 5 200 w 2011 roku i ponowny spadek, do 5 000 zł w 2014 roku.

W analizowanym okresie średnia powierzchnia mieszkania wynosiła około 50 m<sup>2</sup>. Znaczna większość transakcji miała miejsce na pierwszych pięciu piętrach, co wynika m.in. z mniejszego udziału wysokich budynków w mieście, przy czym dominowały transakcje mieszkań położonych na piętrze pierwszym (2 551, Ryc. 3.2). Zauważyć również można spadek ceny m<sup>2</sup> wraz ze wzrostem wysokości, na której znajduje się mieszkanie, jakkolwiek najdroższe mieszkania znajdują się na piątym piętrze (średnia cen m<sup>2</sup>: 5 746 zł). Wynik ten jest zastanawiający i może być związany z liczbą pięter w budynkach. Niskie budynki wielorodzinne w Poznaniu mają zazwyczaj 4 kondygnacje, co oznacza, że piąte piętro jest często najniżej leżącym



RYC. 3.1: Ceny  $m^2$  nieruchomości na rynku wtórnym w Poznaniu w latach 2008-2014 zestawione na podstawie Rejestru Cen i Wartości nieruchomości. Wykresy pudełkowe ukazują zróżnicowanie cen w poszczególnych latach, natomiast niebieska linia ukazuje liczbę transakcji odnotowanych w Rejestrze Cen i Wartości nieruchomości w tym samym okresie.

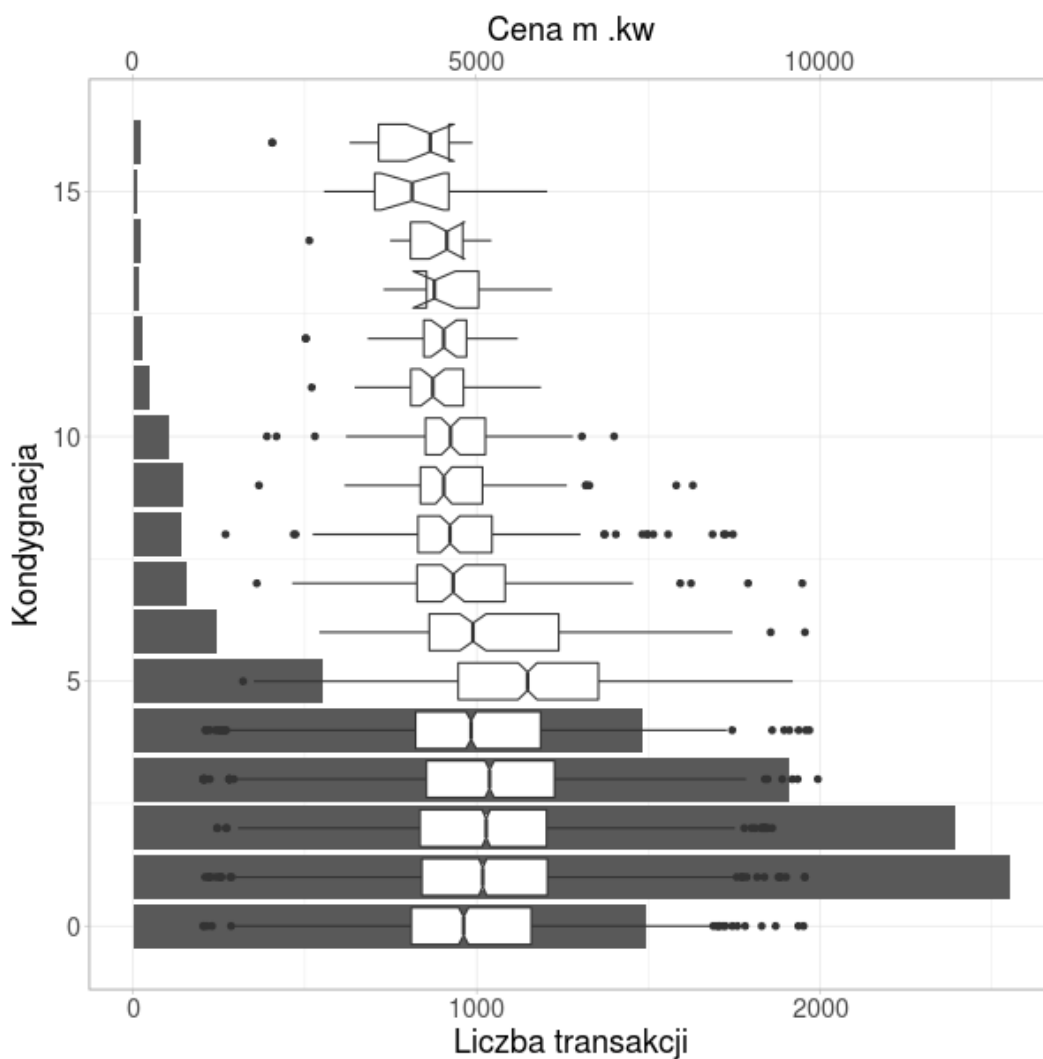
piętnem w wysokich budynkach, gdzie widok z okien nie jest już zasłaniany przez budynki czteropiętrowe.

Dokonane w obrębie miasta transakcje kupna/sprzedaży nieruchomości mieszkalnych na rynku wtórnym w latach 2008-2014 nie mają równomiernego rozmieszczenia w przestrzeni miasta (Ryc. 3.3). Skoncentrowane są one w centralnych dzielnicach miasta oraz na północy w granicach osiedla Jana III Sobieskiego i Marysienki. Wiele osiedli notuje sporadyczne transakcje, co może potencjalnie wpływać na osłabienie jakości modelu i utworzonych na ich podstawie predykcji. Należy podkreślić, że przestrzenna heterogeniczność lokalizacji transakcji nie jest powiązana ze zmiennością czasową (Ryc. 3.3). W badanym okresie, każdego roku transakcje kupna/sprzedaży mieszkań skoncentrowane były w tych samych obszarach.

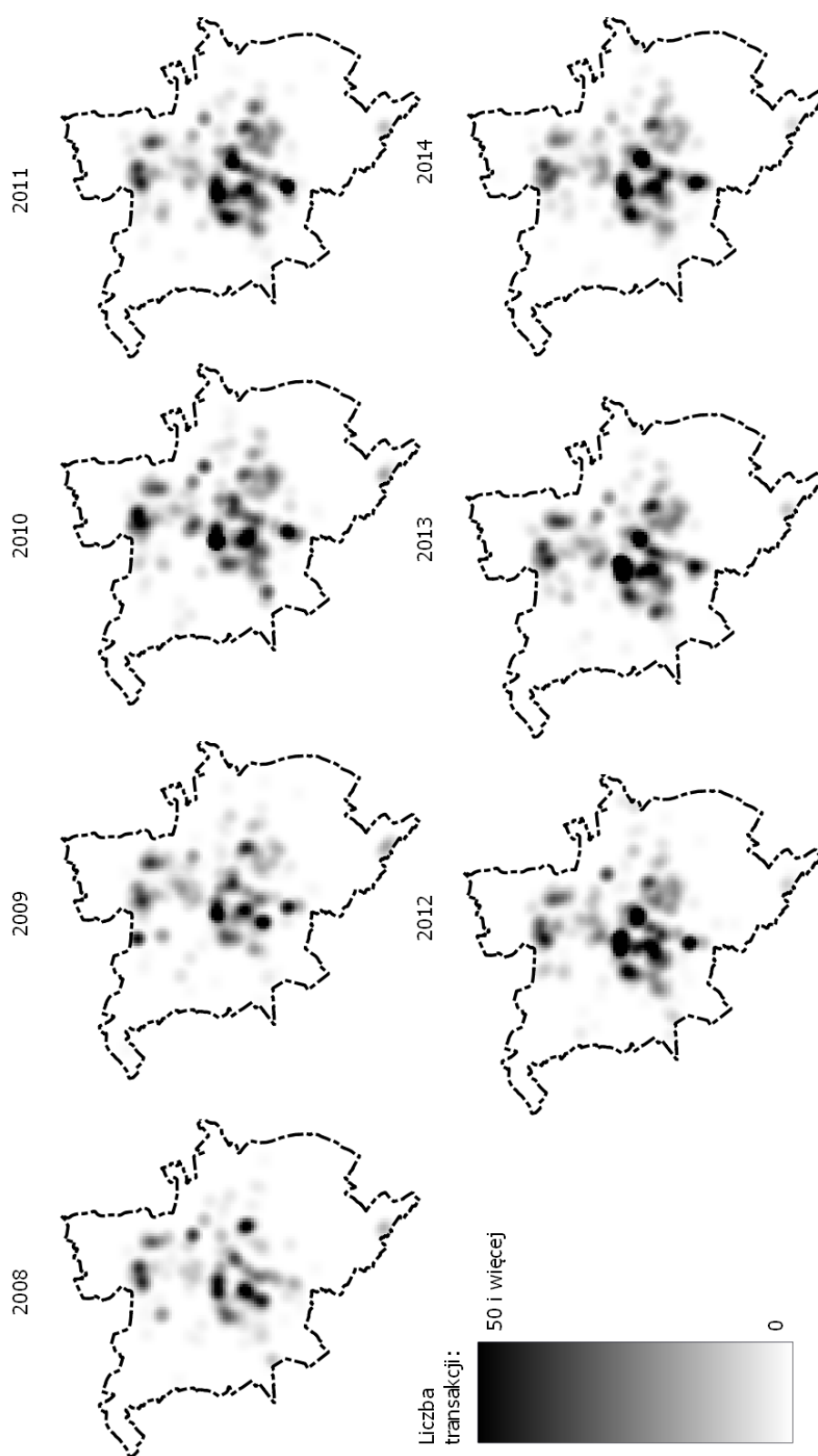
Na podstawie testu Kruskala-Wallisa określono, że ceny  $m^2$  nieruchomości wykazują istotne statystycznie różnice pomiędzy poszczególnymi latami. W celu wyeliminowania wpływu czasu na modelowane ceny nieruchomości obliczono, na podstawie modelu regresji liniowej, wpływ cech strukturalnych nieruchomości oraz roku dokonanej transakcji na cenę  $m^2$  nieruchomości. Oszacowany wpływ samego roku wykazywał coroczny spadek wartości nieruchomości o 70 zł. W związku z powyższym, z cen  $m^2$  nieruchomości odjęto obliczony trend czasowy nim poddano je modelowaniu hedonicznemu.

### 3.2. Baza Danych Obiektów Topograficznych

W niniejszej pracy Baza Danych Obiektów Topograficznych w skali 1: 10 000 (BDOT) stanowi główne źródło informacji na temat lokalizacji istotnych elementów struktury krajobrazu jak również podstawę do utworzenia Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu (rozdział 3.4) i rastrów kosztu poruszania się po mieście (rozdział 3.5).



RYC. 3.2: Liczba transakcji oraz ceny m<sup>2</sup> kupna/sprzedaży nieruchomości w podziale na kondygnacje, na której występowało mieszkanie. Wykresy pudełkowe ukazują zróżnicowanie cen m<sup>2</sup> nieruchomości w podziale na kondygnacje, na których występowało mieszkanie. Wykresy słupkowe prezentują liczbę transakcji w tym samym podziale.



RYC. 3.3: Liczba transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości na terenie Poznania w latach 2008-2014 (na podstawie Rejestru Cen i Wartości Nieruchomości)

Baza Danych Obiektów Topograficznych przygotowywana jest w oparciu o istniejące dane z rejestrów państwowych (m.in. Ewidencji Gruntów i Budynków) oraz przeprowadzaną inwentaryzację terenową. Szczegółowe zasady opracowywania BDOT10k opisane zostały w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych (*Rozporządzenie w sprawie bazy danych obiektów topograficznych...* 2011). Wersja wykorzystana w niniejszej pracy posiada aktualność czasową na rok 2013.

Baza Danych Obiektów Topograficznych stanowi kolekcję warstw wektorowych punktowych, poligonowych oraz liniowych z rozbudowanymi tabelami atrybutowymi. Dzięki zawartej w tablach informacji możliwe było uzyskanie lokalizacji m.in. posterunków policji, szpitali, lasów, przystanków komunikacji publicznej czy szkół. Wybrane elementy zostały szerzej przedstawione w załączniku A.

### 3.3. LiDAR

Zbiór punktów wysokościowych LiDAR posłużył nie tylko przygotowaniu Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu ale również warstw dotyczących wysokości nad poziomem morza to jest warstwy cyfrowego modelu terenu oraz cyfrowego modelu wysokościowego z uwzględnieniem budynków. Na ich podstawie przygotowane zostały warstwy pochodne służące charakteryzacji krajobrazu ze względu na stopień nachylenia oraz ekspozycję terenu.

Cyfrowe modele wysokościowe pozwoliły również określić wysokość budynku, w którym znajduje się mieszkanie, bezpośredni dostęp światła słonecznego oraz dostęp światła rozproszonego jak również różnorodność ukształtowania terenu. Ta ostatnia miara została obliczona wykorzystując opracowany przez Jasiewicza algorytm 'geomorphons' (Jasiewicz i in., 2013).

### 3.4. Pokrycie i użytkowanie terenu

Analiza struktury krajobrazu w większości prac opiera się w przede wszystkim na analizie struktury pokrycia i użytkowania terenu (Solon, 2002, Degórska, 2005, Uuema i in., 2013, Chmielewski, 2011). Mapy pokrycia i użytkowania terenu pozwalają obliczyć tzw. metryki krajobrazowe, które stanowią pośrednią miarę oceny funkcjonowania ekosystemów w ekologii krajobrazu (Przewoźniak, 1987; McGarigal i in., 2012). W najprostszym ujęciu pozwalają odpowiedzieć na pytanie: co i gdzie się znajduje, będąc tym samym podstawą scharakteryzowania krajobrazu miejskiego.

Poniżej przedstawiono dwa istniejące zbiory danych *Corine Land Cover* oraz *Urban Atlas*, jak również utworzoną na podstawie autorskiej metodyki Szczegółową Mapę Pokrycia Terenu, która okazała się niezbędna do analizy przestrzennego zróżnicowania pokrycia terenu w krajobrazie miejskim. Na podstawie tych zbiorów w rozdziale 4 zaprezentowano czasowe i przestrzenne zróżnicowanie pokrycia i użytkowania terenu w Poznaniu.



### 3.4.1. Pokrycie terenu - *Corine Land Cover* i *Urban Atlas*

Najczęściej używanymi obecnie zbiorami dotyczącymi pokrycia i użytkowania terenu są *Corine Land Cover* (CLC), przygotowany przez Unię Europejską w ramach projektu „*Coordination of information on the environment*” (European Environmental Agency, 1994) oraz *Urban Atlas* będący inicjatywą Komisji Europejskiej we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA) oraz Europejską Agencją Środowiskową (EEA) (Meirich, 2008). Oba zbiory charakteryzują się niską, nie większą niż 100 m, rozdzielczością.

*Corine Land Cover* obejmuje swoim zasięgiem obszar całej Unii Europejskiej w dwóch rozdzielczościach: 100 oraz 250 metrów i prezentuje 44 klasy użytkowania terenu w 5 kategoriach pokrycia terenu: powierzchni sztucznych (*artificial surfaces*), obszarach rolniczych (*agricultural areas*), lasach i obszarach półnaturalnych (*forest and seminatural areas*), otwartych przestrzeniach z niewielkim udziałem roślinności lub jej brakiem (*open spaces with little or no vegetation*), obszarach podmokłych (*wetlands*) oraz wodach (*water bodies*, European Environmental Agency, 1994). Analiza tego zbioru obejmowała cztery lata: 1990, 2000, 2006 oraz 2012. Szeroki przedział czasowy sprawia, że dane te są szczególnie cenne w badaniach zmienności pokrycia terenu. Ich wadą jest niestety niska rozdzielczość oraz koncentracja na formach użytkowania terenu, co sprawia, że ich przydatność w granicach obszarów zurbanizowanych jest niewielka. W niniejszym opracowaniu *Corine Land Cover* został wykorzystany właśnie w celu określenia dynamiki oraz przestrzennej struktury tych zmian (rozdział 4).

W celu lepszego odwzorowania rzeczywistości w obszarach zurbanizowanych opracowany został *Urban Atlas* ukazujący użytkowanie terenu w tzw. szerszych strefach miejskich (*Larger Urban Zone*, Dijkstra i in., 2012) obejmujących obszary zurbanizowane powyżej 100 tysięcy mieszkańców. Jest on obecnie najdokładniejszym, dostępnym bez ograniczeń i powszechnie wykorzystywanym w badaniach miejskich, w granicach Unii Europejskiej, zbiorem danych (Meirich, 2008). Przedstawia obszary nie mniejsze niż 0,25 ha dla powierzchni zantropogenizowanych i nie mniejszych niż 1 ha dla pozostałych kategorii (Meirich, 2008). Zbiór ten zawiera, w tych samych co w *Corine Land Cover*, pięciu kategoriach pokrycia terenu, 20 klas użytkowania terenu. *Urban Atlas* został przygotowany na podstawie zdjęć satelitarnych z 2007 roku.

*Corine Land Cover* oraz *Urban Atlas* wyszczególniają obszerną liczbę klas pokrycia i użytkowania terenu. Zdaniem autora są one jednakże niewystarczające do głębszej analizy struktury krajobrazu miejskiego gdyż klasy te stanowią często agregację dotyczącą użytkowania, które choć zaliczone do jednej klasy na podstawie przyjętych kryteriów, mogą się od siebie różnić wewnętrzną strukturą. I tak na przykład klasa występująca w *Urban Atlas* jako 'zabudowa luźna o dużym zagęszczeniu (udział powierzchni nieprzepuszczalnych (50 - 80%))' (Drzewiecki, 2008) wydzielana jest na podstawie danych o udziale powierzchni nieprzepuszczalnych (Meirich, 2008), jednak nic nie mówi o wewnętrznej strukturze roślinności wysokiej (czy jest zwarta, rozproszona czy inna).

### 3.4.2. Szczegółowa Mapa Pokrycia Terenu

Dostępne powszechnie mapy pokrycia i użytkowania terenu nie stanowią obecnie wystarczającego źródła danych do analiz wewnątrzmijskich (Dąbrowski, 2016), ponieważ krajobraz miejski jest jednym z bardziej heterogenicznych i dynamicznych

krajobrazów (Herold i in., 2005). Z tego też względu możliwości analizy jego struktury i potencjału są silnie uwarunkowane poziomem szczegółowości danych. Zależność pomiędzy heterogenicznością struktury mierzoną gęstością płatów pokrycia terenu, a sposobem użytkowania przedstawiono na rycinie 3.5. Gęstość płatów policzona została w regularnej siatce kwadratów o boku 500 m nałożonej na obszar analizy. Z prawej strony ryciny ukazano pokrycie i użytkowanie terenu z *Urban Atlas*. Na jej podstawie zauważyć można, że wysokie wartości gęstości płatów skupiają się przede wszystkim w obszarze silnie zurbanizowanym.

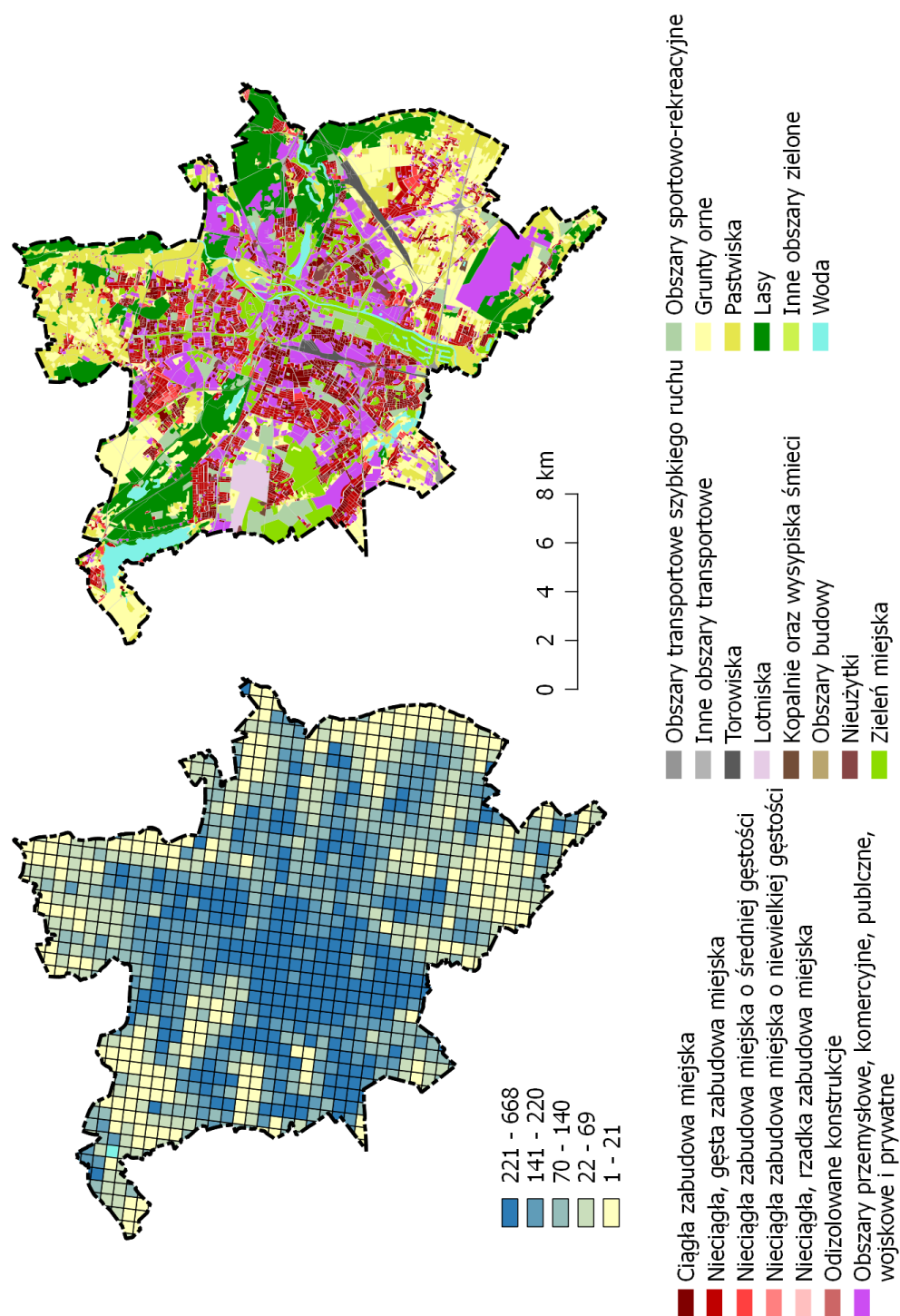
W odpowiedzi na potrzeby wysokorozdzielczych map pokrycia terenu opracowywane są współcześnie metody klasyfikacji hiperspektralnych zdjęć satelitarnych, jednak metody te charakteryzują się niewystarczającą poprawnością (~78%) w obszarach zróżnicowanych o skomplikowanej, heterogenicznej strukturze miejskiej (Herold i in., 2002).

W związku z powyższym do przeprowadzenia niniejszych badań konieczne okazało się przygotowanie nowego zbioru danych dotyczących pokrycia terenu - Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu (SMPT). Powstała ona w wyniku przetwarzania Bazy Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10 tys. oraz chmury punktów wysokościowych LiDAR. Mapa ukazuje 14 klas pokrycia terenu: budynki niskie, średnie i wysokie, konstrukcje, drogi i place gruntowe, drogi i place utwardzone, torowiska, mosty, roślinność niską, średnią i wysoką, grunty orne, nieużytki i grunty antropogeniczne oraz wodę (3.5). Metodyka tworzenia szczegółowych map pokrycia terenu dopuszcza dostosowywanie podziału klas, aby uwzględniać indywidualne potrzeby, a jej elastyczność pozwala również wykorzystywać inne zbiory danych topograficznych, jak choćby *Open Street Map* (OpenStreetMap contributors, 2017). Ten wysoko-rozdzielczy zbiór posiada aktualność czasową z 2013 roku (Dąbrowski, 2016).

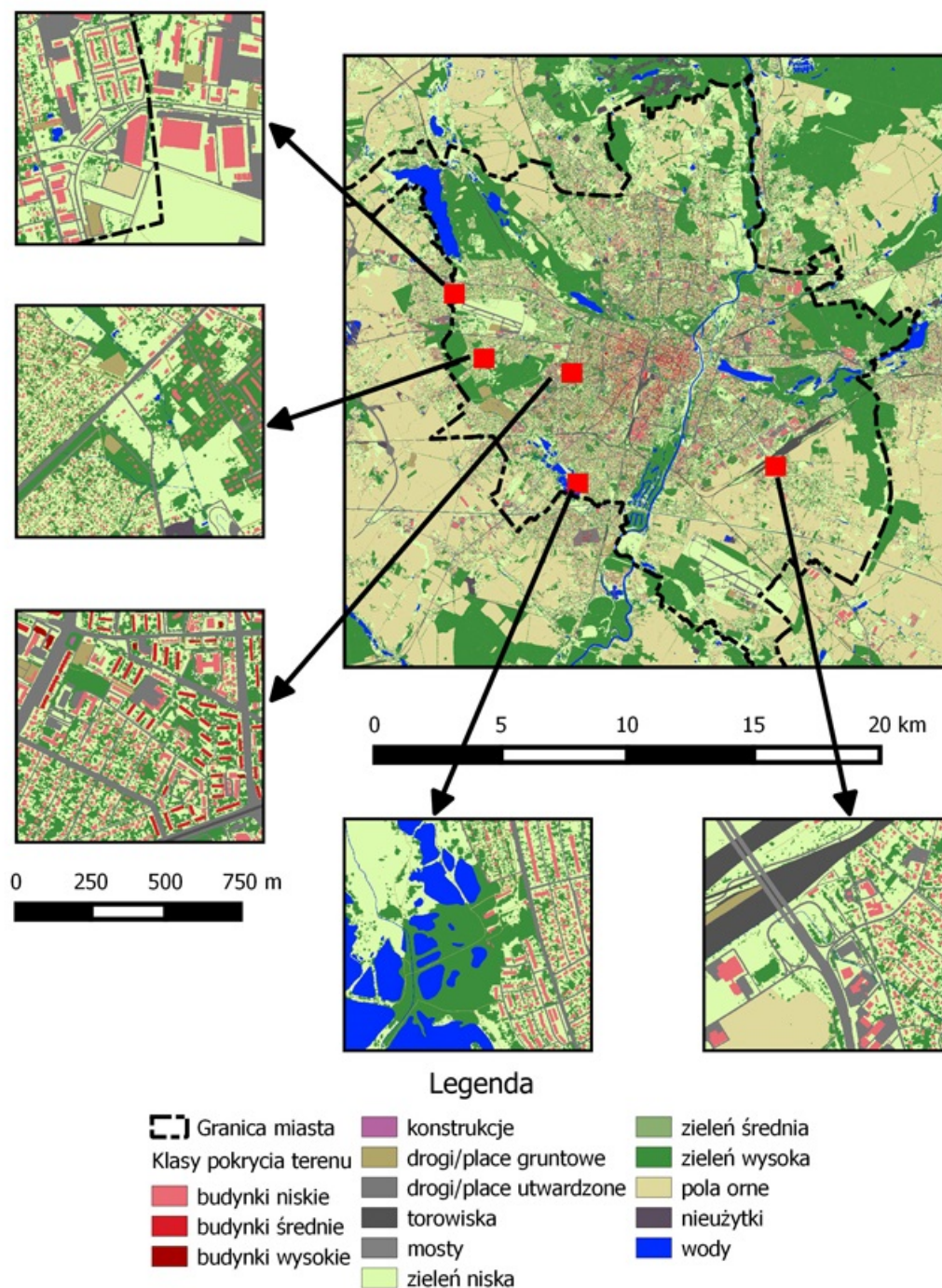
W niniejszej pracy podstawą opracowania SMPT jest Baza Danych Obiektów Topograficznych w skali 1: 10 000 oraz chmura punktów skaningu laserowego LiDAR, która została opracowana w 2013 roku na mocy Rozporządzenie MSWiA z dnia 3 listopada 2011 r. w sprawie baz danych dotyczących zobrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu (*Rozporządzenie w sprawie bazy danych dotyczących zobrazowań lotniczych...* 2011). Oba zbiory posiadają aktualność czasową z roku 2013.

Baza Danych Obiektów Topograficznych została opracowana w skali 1:10 000, co wiąże się z ogólnie narzuconymi ograniczeniami kartograficznymi, w wyniku których część obiektów topograficznych nie jest odwzorowywane zgodnie z ich fizyczną lokalizacją lub zasięgiem. Ograniczenia te stanowią szczególną przeszkodę w dokładnym odwzorowaniu niewielkich budynków (występujących powszechnie w obrębie ogródków działkowych) oraz roślinności wysokiej i średniej (drzew i krzewów). Chmura punktów wysokościowych nie podlega takim ograniczeniom, gdyż charakteryzuje się średnią gęstością 12 punktów/m<sup>2</sup>, a dzięki klasyfikacji pozwala precyzyjnie wyznaczyć obszary roślinności oraz budowli, które zostały pominięte podczas tworzenia BDOT10k.

Na potrzeby pracy wprowadzono następującą, autorską hierarchię pojęć: „obiekt”, „typ obiektu”, „klasa pokrycia terenu” oraz „kategoria pokrycia terenu”. Poszczególne obiekty np. fizycznie istniejący budynek o określonym położeniu) przynależą do określonego typu obiektów (np. budynki jednorodzinne, mieszkalne, które przynależą do klasy pokrycia terenu zabudowa niska). Niektóre klasy pokrycia terenu składają się z kilku typów obiektów. W przypadku klasy pokrycia terenu „konstrukcje” obejmuje m.in. zbiorniki techniczne, wiaty, czy turbiny wiatrowe.



RYC. 3.4: Wskaźnik gęstości płatów w obszarze zurbanizowanym wyliczony w regularnej siatce kwadratów o boku 500 m (po lewej) oraz mapa pokrycia i użytkowania terenu *Urban Atlas* (po prawej).



RYC. 3.5: Opracowana, autorska Szczegółowa Mapa Pokrycia Terenu dla miasta Poznania

Klasy pokrycia terenu przynależą do kategorii pokrycia terenu (np. klasy pokrycia terenu roślinności niskiej, średniej i wysokiej przynależą do kategorii pokrycia terenu „roślinności”). Zaproponowana hierarchia pojęć pozwala łatwiej orientować się w pionowej strukturze utworzonego zbioru danych.

W celu utworzenia szczegółowej mapy pokrycia terenu konieczne było przekształcanie wejściowych danych wektorowych Bazy Danych Obiektów Topograficznych oraz chmury punktów ze skaningu laserowego do spójnej, wektorowej, poligonowej reprezentacji geometrycznej, a następnie do mapy rastrowej.

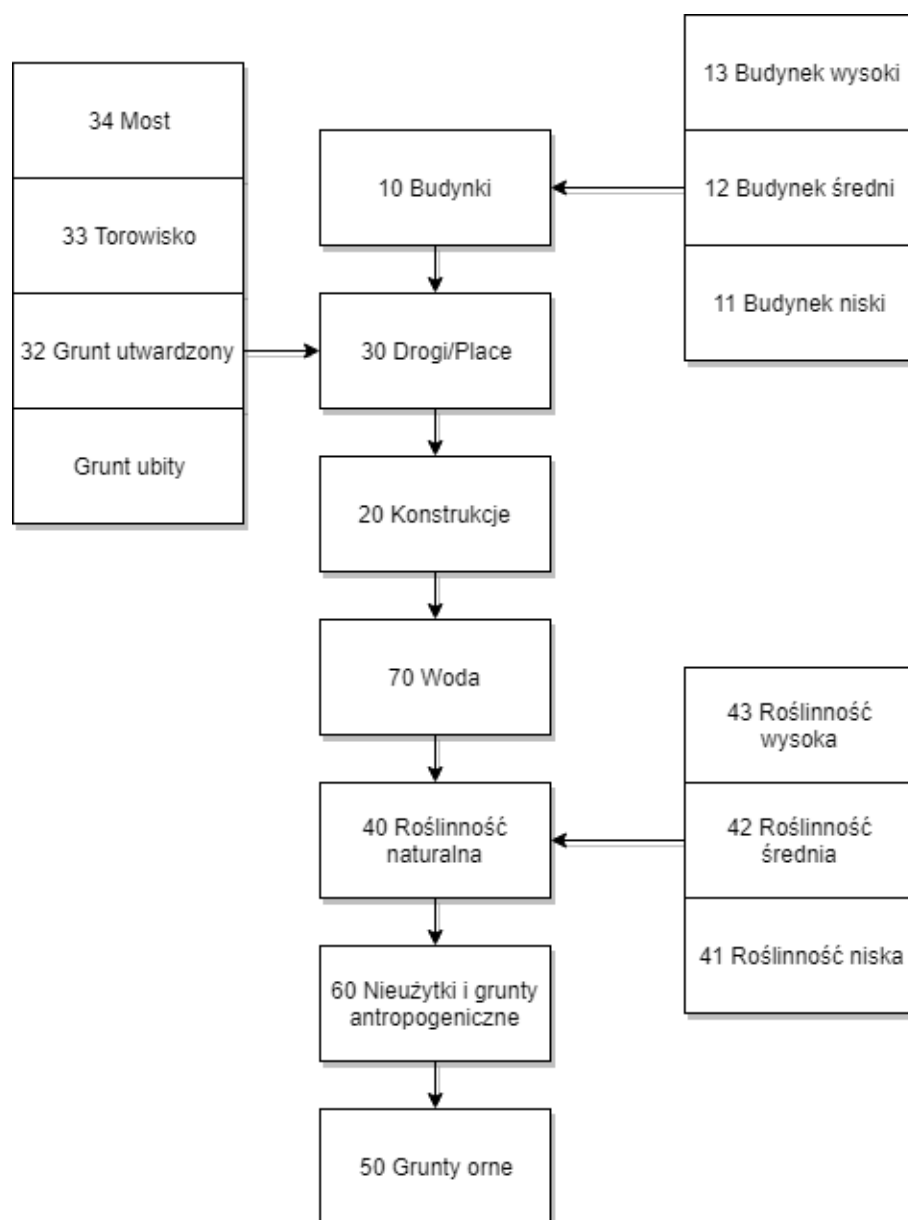
Chmura punktów została przetworzona za pomocą darmowego oprogramowania 'lastools' (Isenburg, 2012), które pozwoliło wygenerować zasięg granic roślinności średniej, wysokiej oraz budynków. Użyte w opracowaniu warstwy Bazy Danych Obiektów Topograficznych zostały sprowadzone do postaci poligonowej na podstawie informacji zawartej w tabeli atrybutowej (np. szerokości korony drogi) lub na podstawie szeregu pomiarów przeprowadzonych na ortofotomapie. Szczegółowe wielkości buforów użytych do transformacji reprezentacji geometrycznej ukazane zostały w tabeli 3.1. Wszystkie transformacje i łączenie klas i kategorii pokrycia terenu zostało wykonane za pomocą oprogramowania GRASS GIS (GRASS Development Team, 2017) z użyciem skryptu napisanego w języku programowania R (R Core Team, 2013).

TABELA 3.1: Transformacja obiektów punktowych i liniowych do reprezentacji powierzchniowych

Warstwa	Obiekty	Bufor [m]	Docelowa warstwa
BUZT_P	Zbiorniki techniczne (bez zespołu ścian oporowych oraz zbiorników będących basenami)	1,5	Konstrukcje
BUWT_P	Budowle wysokie techniczne (maszt telekomunikacyjny, słupy wysokiego napięcia, turbiny wiatrowe, wieża telekomunikacyjna)	1,5	Konstrukcje
BUIB_L	Peron, estrada, rampa	2,5	Drogi / Place utwardzone
BUIB_L	Trybuna	2,5	Konstrukcje
OIPR_L	Żywopłot	1	Roślinność średnia
OIKM_L	Ekran akustyczny	1,5	Konstrukcje

SKTR_L	Torowisko	Tramwajowe jednotorowe = 2 Kolejowe jednotorowe = 2,5; dwutorowe 5; o większej liczbie torów = liczba torów * 2,5	Torowisko
SKRP_L/ SKJZ_L	Drogi o nawierzchni: masa bitumiczna, kostka kamienna, kostka prefabrykowana, beton, bruk, klinkier, płyty betonowe	Bufor ustalony na podstawie tabeli atrybutowej: 0,5 szerokości jezdni	Drogi/place utwardzone
SKRP_L/ SKJZ_L	Drogi o nawierzchni: gruntowej naturalnej, gruntowej utwardzanej, żwirowej, tłuczeń	Bufor ustalony na podstawie tabeli atrybutowej: 0,5 szerokości jezdni	Drogi/place ubite
SWKN_L/ SWRS_L	Rzeki i kanały nie posiadające reprezentacji powierzchniowej	Bufor ustalony na podstawie tabeli atrybutowej: 0,5 szerokości	Woda
BUSP_L	Tor samochodowy, tor saneczkowy, tor żuźlowy, bieżnia	3	Drogi/place utwardzone
BUIN_L	Estakada, kładka, wiadukt, most	Bufor ustalony na podstawie tabeli atrybutowej: 0,5 szerokości	Mosty

Po dokonaniu transformacji do spójnej poligonowej reprezentacji geometrycznej wszystkie warstwy poddano rasteryzacji, a następnie złączeniu, którego schemat prezentuje rycina 3.6. Sytuacje, gdy dwie lub więcej klas pokrycia terenu występują równocześnie jest powszechna i wymaga ustalenia priorytetów, które klasy pokrycia terenu będą odwzorowywane w przypadku wystąpienia konfliktów. Warstwy leżące w schemacie wyżej posiadają wyższy priorytet nad warstwami leżącymi poniżej. Kolejność ta jest arbitralna i ma na celu ukazanie jak największej części krajobrazu z uwzględnieniem przestrzennej spójności takich elementów jak ciągi komunikacyjne czy poprawna reprezentacja geometryczna budynków.



RYC. 3.6: Kolejność łączenia warstw podczas tworzenia Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu. Warstwy znajdujące się u szczytu schematu mają priorytet nad warstwami niżej leżącymi. W środku schematu znajdują się kategorie pokrycia terenu.



Znajdujące się w opracowanym zbiorze danych budynki podzielono na trzy klasy ze względu na ich wysokość. Budynki niskie obejmują budowle do 3 kondygnacji (parter i dwa piętra), średnie od 4 do 6 kondygnacji, natomiast wysokie powyżej 7. Ponieważ Baza Danych Obiektów Topograficznych uwzględnia budynki, których powierzchnia jest większa niż 20 m<sup>2</sup> (*Rozporządzenie w sprawie bazy danych obiektów topograficznych...* 2011) uzupełniono tę klasę pokrycia terenu o budynki sklasyfikowane odpowiednio w chmurze punktów LiDAR (*Rozporządzenie w sprawie bazy danych dotyczących zobrazowań lotniczych...* 2011). Budynki uzyskane w wyniku przetwarzania punktów LiDAR zostały poddane weryfikacji na podstawie ortofotomapy.

Warstwa konstrukcji jest warstwą złożoną z największej liczby typów obiektów. Znajdują się w niej zawarte w BDOT10k obiekty metalowe i drewniane o powierzchni większej niż 4 m<sup>2</sup> istotne w badaniach krajobrazowych. Należą do niej: zbiorniki techniczne (których konstrukcja nie jest zespołem ścian oporowych ani basenem), wiaty, altany, pomosty, trybuny, szyby naftowe/gazowe, ekrany akustyczne, chłodnie kominowe, maszty telekomunikacyjne, wieże ciśnień, wieże przeciwpożarowe, wieże szybu kopalnianego, wieże telekomunikacyjne, turbiny wiatrowe, wieże wysokiego napięcia, wieże obserwacyjne, bunkry, szklarnie (nie będące budynkami), wiatraki (nie będące budynkami) oraz zespoły transformatorów (*Rozporządzenie w sprawie bazy danych obiektów topograficznych...* 2011).

Trzecią kategorię pokrycia terenu stanowią place i szlaki komunikacyjne, które dzielą się na grunty ubite, grunty utwardzone, torowiska i mosty. Pierwsze dwie klasy różnią się rodzajem nawierzchni. Za grunt ubity uznane zostały place i drogi pokryte żwirem, tłuczniem, żużlem, gruntem naturalnym lub stabilizowanym żwirem. Pozostałe rodzaje nawierzchni wyszczególnione w BDOT10k (beton, bruk, masa bitumiczna, kostka kamienna, klinkier, kostka prefabrykowana i płyty betonowe) potraktowane zostały jako grunt utwardzony. Obie klasy pokrycia terenu uwzględniają przede wszystkim warstwy znajdujące się w BDOT10k: PTPL (reprezentującymi place), SKJZ („szlak komunikacyjny – jezdnia”), SKRP („szlak komunikacyjny – ruch pieszych”). Ponadto znajdują się w nich obiekty takie jak tor żużlowy (jako grunty ubite) z warstwy BUSP („budowle sportowe”), obiekty reprezentujące estrady, perony i rampy z warstwy BUIB („inne budowle”), tereny pod drogą kołową, lotniskową oraz drogową i kołową z warstwy PTKM oraz warstwę PTNZ („pokrycie terenu – inny teren niezabudowany”). Wobec braku danych o rodzaju nawierzchni ostatniej z wymienionych warstw dla potrzeb pracy przyjęto, że reprezentują grunt ubity.

Szerokość torowisk, jako obszarów poruszania się pojazdów szynowych ustalono na podstawie pomiarów dokonanych na ortofotomapie (Tab. 3.1). Mosty posiadają najwyższy priorytet wśród klas pokrycia terenu należących do kategorii placu i szlaków komunikacyjnych, zastępując wszystkie warstwy leżące pod nimi, a będące *de facto* bezpośrednim pokryciem terenu m.in. przerywają w ten sposób ciągłość rzek. Stanowią one jednak istotny element krajobrazu, zaś stworzenie obrazu rastrowego o kilku poziomach wysokościowych utrudniłoby na nich prace i zmniejszyło możliwości wykorzystania tego zbioru danych. W kategorii mostów znalazły się budowle inżynierskie nazywane mostami, jak również kładki, estakady oraz wiadukty.

Roślinność została podzielona na klasy uwzględniające ich wysokość (niską, średnią oraz wysoką), co odpowiada roślinności trawiastej, krzewiastej oraz drzewom. Należy przyjąć, iż roślinność wyższa posiadając wyższy priorytet, „zakrywa” rośliny rosnące poniżej. Klasa „roślinność niska” powstała w wyniku połączenia



informacji zawartej w warstwie PTTR – „pokrycie terenu, roślinność trawiasta i uprawy rolne” (obszary, których atrybut „rodzaj” wskazywał na roślinność trawiastą), BUCM („budowle cmentarne”) oraz BUSP („budowle sportowe” – place gier i zabaw, obszary stadionów, sztuczny stok oraz tor saneczkowy). Aby zapewnić ciągłość mapie wykorzystano również obszary znajdujące się w warstwie PTZB („pokrycie terenu – tereny zabudowane”), których atrybut roślinności wskazywał na jej brak lub roślinność trawiastą oraz obszary ogródków działkowych, plantacji oraz szkółki roślin ozdobnych należące do warstwy PTUT („pokrycie terenu – uprawy trwałe”).

Klasa „roślinność wysoka” oraz „roślinność średnia” zostały utworzone w całości na podstawie danych LiDAR. Klasyfikacja LiDAR-u jako roślinność średnią uznaje się każdy obszar wegetacji o wysokości od 40 cm do 2 m, co bardzo często błędnie ukazuje roślinność trawiastą (niską) lub uprawy na gruntach ornych jako roślinność średnią. W związku z powyższym uzyskane w ten sposób obszary roślinności średniej i wysokiej poddano weryfikacji w oparciu o ortofotomapę, tak jak to zrobiono uprzednio w przypadku budynków.

Kategoria pokrycia terenu „grunty orne” zawiera obiekty z warstwy tematycznej PTTR, - „uprawy na gruntach ornych”.

W zastosowanej metodzie tworzenia mapy pokrycia terenu klasa „nieużytki i grunty antropogeniczne” obejmuje warstwę tematyczną PTGN z Bazy Danych Obiektów Topograficznych („Pokrycie terenu, grunt nieużytkowany”), warstwę PTSO („składowisko odpadów”) oraz PTWZ („wzrost i zwałowisko”).

Klasę pokrycia terenu „woda” stanowią dowolne obiekty stale wypełnione wodą – rzeki, kanały, jeziora, stawy, oraz sztuczne zbiorniki wodne. W Bazie Danych Obiektów Topograficznych rzeki posiadają podwójną reprezentację geometryczną – powierzchniową (dla obiektów szerszych niż 5 m) oraz liniową (dla obiektów węższych niż 5 m). Jeżeli tylko była taka możliwość w procesie ujednolicenia reprezentacji geometrycznej wykorzystywano istniejącą warstwę poligonową. W pozostałych przypadkach dokonano transformacji wektorowej warstwy liniowej do postaci poligonowej za pomocą narzędzia 'bufor'. Utworzone poligony posiadały promień równy połowie wartości 'szerokości obiektu' pozyskanej z tabeli atrybutowej.

Końcowym etapem tworzenia Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu była analiza błędów. W jej wyniku okazało się, że różnice względem rzeczywistości wynikają przede wszystkim z efektu nakładania się na siebie poszczególnych warstw, czyli ustalonej hierarchii priorytetów warstw oraz z poziomą szczegółowości danych wejściowych.

Wpływ hierarchii warstw na generowane błędy wynika z zasłaniania warstw o niższym priorytecie przez warstwy o priorytecie wyższym. Przykładowo w celu zachowania geometrii szlaków komunikacyjnych roślinność wysoka (często rosnąca przy drogach) posiadała niższy priorytet, co jednak skutkuje tym, że drzewa rosnące na placach nie zostaną odwzorowane przy zastosowanej metodyce.

Poziomą szczegółowość danych wejściowych wpływa na jakość końcowej mapy pokrycia terenu przede wszystkim ze względu na zasady kartograficzne nałożone na BDOT10k. Nie wszystkie obiekty posiadały atrybuty szerokości pozwalające dokonać odpowiedniej transformacji do poligonowej reprezentacji geometrycznej jak również nie wszystkie obiekty znalazły się w opracowanej bazie ze względu na kryteria wielkościowe.

Opracowana przeze mnie metodyka tworzenia Szczegółowych Map Pokrycia Terenu wraz z wynikami dla miasta Poznania została zaprezentowana wcześniej wyczerpująco w odrębnej publikacji (Dąbrowski, 2016).

Na podstawie tak przygotowanej mapy pokrycia terenu możliwe było obliczenie podstawowych wskaźników takich jak udział roślinności wysokiej, zróżnicowanie pokrycia terenu (*shannon diversity index* - SHDI) oraz dokonanie klasyfikacji analizowanego terenu na tzw. jednostki jednolitej struktury krajobrazu za pomocą opracowanego przez Jasiewicza narzędzia geoPAT (*Geospatial Pattern Analysis Toolbox*, Jasiewicz i in., 2015). Klasyfikacja ta dzieli krajobraz miasta Poznania na jednostki, które przypisano do następujących grup:

1. nieregularna, nowa zabudowa jednorodzinna,
2. nowa zabudowa wielorodzinna,
3. duże drogi i place,
4. nieregularna zabudowa jednorodzinna,
5. obszary trawiaste z niewielką ilością drzew i niewielką liczbą zabudowań,
6. obszary niezabudowane,
7. ogródki działkowe,
8. lasy, parki,
9. obszary nie zarośnięte,
10. hale, budynki o dużej powierzchni,
11. regularna zabudowa jednorodzinna wzdłuż dróg,
12. nowo powstająca regularna zabudowa jednorodzinna wzdłuż dróg,
13. gęsta zabudowa w centrum miasta,
14. osiedla jednorodzinne o dużej powierzchni,
15. torowiska,
16. zarośla,
17. obszary regularnej zabudowy wielorodzinnej z dużym udziałem drzew,
18. wody,
19. obszary trawiaste,
20. grunty orne.

Na podstawie danych LiDAR (*Light Detection and Ranging*)<sup>1</sup> wykorzystanych do stworzenia Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu obliczono również udział drzew w najbliższym sąsiedztwie. Udział roślinności został wybrany do analizy m.in. ze względu na kontrowersje jakie wzbudziła *Ustawa o zmianie ustawy o ochronie przyrody oraz ustawy o lasach ... 2016*, zezwalając mieszkańcom miast na samodzielną wycinkę drzew na własnej posesji. Celem autora było sprawdzenie czy wycinanie drzew z własnej posesji może zaszkodzić mieszkańcom wpływając na obniżenie wartości mieszkania.

<sup>1</sup>sposób pozyskiwania informacji o wysokości nad poziomem morza za pomocą światła odbitego od powierzchni.

Na podstawie Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu obliczony został wskaźnik zróżnicowania pokrycia terenu Shannona (SHDI), według wzoru:

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i * \ln P_i), \quad (3.1)$$

gdzie  $P_i$  oznacza udział pokrycia terenu zajętego przez klasę pokrycia terenu  $i$ . SHDI przyjmuje wartości od 0 do nieskończoności, przy czym wyższe wartości oznaczają wzrost różnorodności pokrycia terenu.

Średnia odległość między budynkami obliczona została również na podstawie Szczegółowej Mapy Pokrycia terenu. Choć cecha ta nie jest powszechnie używana w modelowaniu hedonicznym cen nieruchomości, zwrócić można uwagę na negatywne skojarzenia ze zbyt gęsto stawianymi budynkami. Ograniczają one widok z okien, a dla osób wrażliwych mogą powodować odczucia klaustrofobii. Współcześni deweloperzy często chcą jak najbardziej wykorzystać przestrzeń działki pod zabudowę zachowując minimalne prawnie określone odległości między budynkami, co jednak zwykle nie jest dobrze przyjmowane przez potencjalnych użytkowników. Podobnym czynnikiem jest wysokość budynków wpływająca również na uczucie przytłoczenia zwłaszcza jeśli jednocześnie występują niskie odległości między budynkami.

### 3.5. Dostępność

Dostępność stanowi miarę rozmieszczenia przestrzennego wybranych elementów w obszarze badań. Istnieją trzy metody analizowania dostępności: (1) za pomocą analiz sieciowych (Law, 2017), (2) rastrów kosztu poruszania się oraz (3) z użyciem miar pośrednich - tzw. *space syntax*. W niniejszej pracy zastosowano ostatnie dwie ze względu na możliwość wykorzystania ich podczas waloryzacji przestrzennej (rozdział 5).

#### 3.5.1. Rastry kosztów poruszania się

Analiza dostępności mierzona kosztem poruszania się stanowi efektywny sposób pomiaru dostępności na dużym obszarze. W odróżnieniu od analiz sieciowych pozwala określić czas dotarcia do badanego obiektu równocześnie z każdego miejsca.

W pierwszym kroku analizy dostępności należy utworzyć rastry kosztu poruszania się przez daną komórkę rastra, czyli najmniejszą badaną jednostkę przestrzenną. W zależności od analizowanego środka transportu koszt poruszania się będzie inny. Poruszanie się pieszo jest wolniejsze, ale również nie pozwala przebiec przez autostradę. Samochód pozwala poruszać się szybciej po drogach głównych niż osiedlowych.

Nie istnieje niestety jedna ogólnie przyjęta metodyka tworzenia rastrów kosztu poruszania się (Bateman i in., 1996). Na potrzeby niniejszej pracy zostały przyjęte pewne uproszczenia, tworząc trzy rastry kosztów poruszania się w mieście uwzględniających podróżowanie pieszo, samochodem oraz komunikacją publiczną. Wszystkie rastry kosztów utworzono w rozdzielczości 5 m na podstawie danych zawartych w Bazie Danych Obiektów Topograficznych i udostępniono na załączonej

do pracy płycie. Transformacje konieczne do ich uzyskania wykonano w oprogramowaniu SAGA GIS (Conrad i in., 2015), zaś sam proces zautomatyzowano z użyciem języka programowania R (R Core Team, 2013).

Poruszanie się pieszo jest podstawową formą przemieszczania się przez człowieka. Nawet jeżeli większa część założonej trasy przemierzona zostanie samochodem lub tramwajem, najpierw należy dotrzeć do nich pieszo. Nie wszędzie ponadto możliwe jest dotarcie samochodem lub komunikacją publiczną. Z tego też powodu podstawowym rastrem kosztu poruszania się jest koszt poruszania się pieszo.

Tworząc rastry kosztów poruszania się uwzględniono prędkości zamieszczone w tabeli 3.2.

TABELA 3.2: Koszt poruszania się w obrębie danego pokrycia i użytkowania terenu

Pokrycie/użytkowanie terenu	Prędkość poruszania się pieszo [km/h]	Prędkość poruszania się samochodem [km/h]	Prędkość poruszania się komunikacją publiczną [km/h]
Budynki	2	2	2
Trawa, krzaki, drzewa, grunty orne i konstrukcje	1	1	1
Place	5	10	5
Autostrada	NULL	100	NULL
Drogi główne (poza miastem)	NULL	40	NULL
Drogi główne (w mieście)	NULL	25	NULL
Drogi podrzędne (zakładowe, osiedlowe, gminne)	3	10	3
Ciąg ruchu pieszych (chodnik, kładki)	5	5	5
Woda i grunty antropogeniczne	NULL	NULL	NULL
Torowiska	NULL	nd.	nd.
Obiekty sportowe	NULL	NULL	NULL
Bariera wejścia na autostradę	NULL	NULL	NULL
Przejście dla pieszych	2	nd.	2
Przystanek komunikacji publicznej	nd.	nd.	2
Trasy komunikacji publicznej w mieście	nd.	nd.	15
Bariera wejścia na trasę komunikacji publicznej	nd.	nd.	NULL

Wartość NULL oznacza, że dany teren jest niedostępny, to jest stanowił barierę komunikacyjną. Najbardziej typowym przykładem takiej sytuacji jest rzeka, przez którą przejść można tylko w miejscach występowania mostów. Wartość „nd.” oznacza brak danej klasy poruszania się, na przykład obecność przystanków komunikacji publicznej nie wpływa na koszt poruszania się pieszo bądź samochodem.

Budynki oraz roślinność stanowią pokrycie terenu, po którym można poruszać się z założenia tylko pieszo, stąd prędkość dla takich powierzchni jest dostosowana do ruchu pieszego (odpowiednio 2 km/h w budynkach i 1 km/h przez roślinność).

Prędkość poruszania się przez roślinność zaniżona jest w stosunku do realnej prędkości chodu człowieka, aby w procedurze modelowania minimalizować takie przejścia na rzecz poruszania się po chodniku i drogach, nie traktując jakkolwiek roślinności jako bariery komunikacyjnej nie do przejścia. Prędkość poruszania się w budynku została ustalona tak aby można było przez niego przejść i opuścić go.

W przyjętym modelu poruszania się założono, że idąc pieszo nie można przechodzić przez autostradę, drogi główne, wody, torowiska oraz obiekty sportowe. Wyjątkiem w kontekście dróg i torowisk są przejścia dla pieszych, na których zmniejszono prędkość poruszania się ze względu na konieczność czekania na zmianę światła lub przejazd samochodów.

Najwyższą prędkość pieszy może osiągnąć korzystając z ciągów pieszych (chodników, kładek dla pieszych, itp.). Dopuszczalny jest również ruch pieszy po drogach osiedlowych, na których niewielkie natężenie ruchu samochodowego nie utrudnia znacząco poruszania się pieszemu.

Na koszt poruszania się pieszego zostały nałożone dodatkowe warstwy, które określały, gdzie można poruszać się szybciej za pomocą innych środków transportu. W ten sposób jadąc samochodem można poruszać się po drogach głównych i autostradzie. Aby ograniczyć możliwość wjazdu na autostradę tylko w węzłach komunikacyjnych utworzona została „bariera wejścia na autostradę” będąca blokadą wjazdu na autostradę na całej jej długości z wyjątkiem węzłów komunikacyjnych. Podobny zabieg zastosowano w przypadku poruszania się komunikacją publiczną, gdzie wejście na trasę komunikacji publicznej (pozyskane ze strony Urzędu Miasta Poznania - *Urząd Miasta Poznań* 2017) ograniczone było do przystanków komunikacji publicznej. Niestety ze względu na uproszczony model poruszania się, przejścia dla pieszych (przecinające drogi, a co za tym idzie również trasy komunikacji publicznej) również stały się miejscami, przez które można było wejść na trasy autobusów i tramwajów.

Utworzone w ten sposób rastry kosztów są modelem stanowiącym uproszczoną reprezentację rzeczywistości. Prędkości zostały dostosowane na podstawie ograniczeń wynikających z kodeksu ruchu drogowego dostosowanych do średnich warunków poruszania się w mieście opartych o wiedzę ekspercką.

Na podstawie tak przygotowanych map kosztów opracowano rastry dostępności do wybranych obiektów w mieście. W niniejszej pracy starano się uwzględnić te elementy struktury krajobrazu, które podawane są w literaturze przedmiotu, jak również obiekty charakterystyczne dla miasta Poznania, jak np. ważne węzły komunikacyjne, czy Międzynarodowe Targi Poznańskie. Pełna lista obiektów, do których analizowano dostępność znajduje się w załączniku A.

### 3.5.2. Pośrednia miara dostępności *space syntax*

Ponieważ nie jest możliwe uwzględnienie wszystkich potencjalnych obiektów, do których odległość może być istotnym czynnikiem wpływającym na atrakcyjność miejskiej zabudowy w niniejszej pracy posłużono się dodatkowo wybranymi, pośrednimi miarami dostępności należącymi do grupy *space syntax*, które mierzone są za pomocą sieci topologicznej. Określają one jak ‘centralne’ jest dane miejsce ze względu na możliwości poruszania się po sieci komunikacyjnej. Wśród najczęściej wyznaczanych miar *space syntax* znaleźć można następujące:

1. osiągalność (*reachness*),
2. przyciąganie (*gravity*),

3. pośredniość (*betweenness*),
4. bliskość (*closeness*),
5. prostolinijność (*straightness*).

Osiągalność stanowi miarę wyrażającą ilość budynków, do których można dostać się z danego miejsca przy założonym promieniu poszukiwań po sieci. Osiągalność  $R^r[i]$  budynku  $i$  na podstawie sieci transportowej  $G$  określa do ilu innych budynków możliwe jest dostanie się poruszając po sieci  $G$  na odległość nie większą niż  $r$ . Obliczana jest na podstawie wzoru:

$$R^r[i] = |j \in G - i : d[i, j] \leq r|, \quad (3.2)$$

gdzie  $d[i, j]$  stanowi najkrótszą odległość pomiędzy budynkami  $i$  i  $j$  po sieci  $G$ . Miara ta może być ważona jak również liczona do budynków specyficznego typu (jak np. przystanki komunikacji publicznej). W niniejszej pracy zastosowana została znormalizowana miara do wszystkich budynków bez uwzględnienia wag.

Podczas gdy miara osiągalności jest prostym zliczeniem budynków dostępnych w określonym zasięgu, miara przyciągania ( $G^r[i]$ ) uwzględnia dodatkowo wagę odległości od budynku docelowego i obliczana jest na podstawie wzoru:

$$G^r[i] = \sum_{j \in G - i, d[i, j] \leq r} \frac{W[j]}{e^{d[i, j]}}, \quad (3.3)$$

gdzie 'przyciąganie' budynku  $i$  w zasięgu promienia  $r$  liczonego po sieci  $G$  stanowi liczbę dostępnych budynków pomnożonych przez wagę budynku  $W[j]$  i podzielonych przez odległość geodezyjną od budynku docelowego.

Miara pośredniości ( $B^r[i]$ ) liczona jest jako część najkrótszych tras między dowolną parą budynków po sieci  $G$  mijających budynek  $i$ :

$$B^r[i] = \sum_{j, k \in G - i, d[i, j] \leq r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} * W[j], \quad (3.4)$$

gdzie  $n_{jk}[i]$  określa liczbę najkrótszych dróg pomiędzy budynkiem  $j$ , a budynkiem  $k$ .

Bliskość ( $C^r[i]$ ) budynku definiowana jest jako odwrotność sumy odległości od budynku centralnego ( $i$ ) do wszystkich innych budynków w odległości  $r$ :

$$C^r[i] = \frac{1}{\sum_{j \in G - i, d[i, j] \leq r} (d[i, j] * W[j])}. \quad (3.5)$$

Miara prostolinijności ( $S^r[i]$ ) w odróżnieniu od pozostałych miar dotyczy w większym stopniu kształtu sieci topologicznej niż miary centralności. Ukazuje ona na ile odległość najkrótszej trasy między budynkiem centralnym ( $i$ ) a docelowym ( $j$ ) po sieci ( $G$ ) zbliżona jest to miary euklidesowej i obliczana jest w następujący sposób (Crucitti i in., 2006):

$$S^r[i] = \sum_{j \in G - i, d[i, j] \leq r} * \frac{\delta[i, j]}{d[i, j] * W[j]}, \quad (3.6)$$

gdzie  $\delta[i, j]$  stanowi odległość euklidesową między budynkiem  $i$ , a budynkiem  $j$ .

Wszystkie miary *space syntax* obliczone zostały przy założeniu nieskończonego promienia, aby uwzględnić cały obszar miasta Poznania. W wyniku obliczeń dokonanych z użyciem narzędzi „Urban Network Analyst” (Sevtsuk i in., 2012) zaimplementowanych w programie ArcGIS (Institute), 2011) uzyskano miary centralności dla poszczególnych budynków w Poznaniu, które następnie poddane zostały interpolacji. Krok ten był niezbędnym elementem do późniejszego wykonania predykcji przestrzennej opisanej w rozdziale 6 i 7.

Jako uzupełnienie wskazanych wcześniej miar dostępności bezpośrednich i pośrednich określono również liczbę dostępnych linii komunikacji miejskiej dostępnych z poszczególnych lokalizacji w promieniu 500 m.

W wyniku przetwarzania pozyskanych informacji utworzono bazę danych obejmującą **lokalizacje transakcji** kupna/sprzedaży nieruchomości wraz z ich **cechami strukturalnymi** (pozyskanymi z Rejestru Cen i Wartości Nieruchomości), **dostępnością do obiektów użyteczności publicznej i ważnych miejsc w mieście** (obliczonymi na podstawie rastrów kosztu poruszania się i Bazy Danych Obiektów Topograficznych), **dostępności pośredniej** (mierzonej za pomocą *space syntax*) oraz **cech lokalizacji i sąsiedztwa** (obliczonymi na podstawie Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu oraz cyfrowych modeli wysokościowych). Wszystkie zmienne zostały zawarte w załączniku A.





## Rozdział 4

# Czasowa i przestrzenna zmienność krajobrazu

Przestrzeń miasta stanowi złożoną, skomplikowaną strukturę, która wpływa na jego funkcjonowanie jako systemu krajobrazowego, co związane jest z heterogeniczną atrakcyjnością obszarów zabudowy mieszkalnej. W celu przybliżenia przestrzennego zróżnicowania pokrycia i użytkowania terenu w Poznaniu zaprezentowano poniżej analizę aktualnego jego stanu oraz dynamiki zmian zachodzących w latach 1990-2012. Badania przeprowadzono w oparciu o trzy zbiory danych charakteryzujące się zróżnicowaną skalą czasową oraz rozdzielczością przestrzenną: *Corine Land Cover*, *Urban Atlas* oraz Szczegółową Mapę Pokrycia Terenu (Dąbrowski, 2016). Niniejsza praca jest pierwszą tak kompleksową analizą przestrzennej zmienności pokrycia i użytkowania terenu Poznania na wysokim poziomie szczegółowości.

Analizą objęto obszar Poznania wraz z najbliższym sąsiedztwem pomiędzy 16,7°E, 52,2°N, 17,1°E, 52,3°N. Zajmuje on powierzchnię ok 650 km<sup>2</sup> i obejmuje miasto Poznań, gminę Luboń oraz miasto Swarzędz, a także częściowo gminy Suchy Las, Tarnowo Podgórne, Dopiewo, Czerwonak, Swarzędz (obszar wiejski), Mosina, Kórnik, Kleszczewo, Komorniki i Rokietnica. Analizowany obszar wykracza poza granice administracyjne miasta, co pozwala ukazać szerszy kontekst oraz przeprowadzić analizy gradientowe mierzone od centrum miasta ku jego peryferiom.

### 4.1. Cząso-przestrzenna analiza struktury pokrycia i użytkowania terenu w Poznaniu

W niniejszym opracowaniu *Corine Land Cover* został wykorzystany w celu określenia dynamiki oraz przestrzennej struktury zmian pokrycia i użytkowania terenu. W tabeli 4.1 ukazano zmiany w strukturze użytkowania terenu jakie nastąpiły między rokiem 1990 a 2012 w oparciu o dane *Corine Land Cover*. Rycina 4.1 ukazuje zmiany powierzchni w km<sup>2</sup> jakie nastąpiły pomiędzy 1990, a 2012 rokiem pomiędzy poszczególnymi klasami użytkowania terenu. Ze względów objętościowych tabela 4.1 prezentuje tylko wielkości powyżej 1,5 km<sup>2</sup>.

Między rokiem 1990 a 2012 największe zmiany zaszły w zakresie zwiększenia powierzchni miejskiej zabudowy luźnej kosztem gruntów ornych i złożonych systemów upraw<sup>1</sup> (~45 km<sup>2</sup>). Wzrost antropogenizacji zaznacza się również przyrostem obszaru terenów przemysłowych lub handlowych (wzrost o ok. 6 km<sup>2</sup>). Zmiany użytkowania terenu nastąpiły przede wszystkim kosztem wspomnianych gruntów

<sup>1</sup> Mozaika przylegających do siebie małych działek wykorzystywanych pod różne uprawy jednoroczne i trwałe (*Inspektorat Ochrony Środowiska n.d.*).

TABELA 4.1: Zmiany w strukturze pokrycia terenu Poznania między rokiem 1990 a 2012 na podstawie *Corine Land Cover* (European Environment Agency (EEA), 2009)

1990	2012	po- wierz- nia [km <sup>2</sup> ]
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Zabudowa miejska luźna	23,00
Złożone systemy upraw i działek	Zabudowa miejska luźna	22,51
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Złożone systemy upraw i działek	13,04
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Łąki, pastwiska	9,31
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Tereny przemysłowe lub handlowe	5,72
Lasy iglaste	Lasy mieszane	5,60
Złożone systemy upraw i działek	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	5,28
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej	4,42
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Tereny komunikacyjne i związane z komunikacją drogową i kolejową	4,24
Sady i plantacje	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	3,59
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian	3,00
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Lasy iglaste	2,95
Budowy	Zabudowa miejska luźna	2,93
Zabudowa miejska luźna	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	2,42
Złożone systemy upraw i działek	Tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej	2,36
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Budowy	2,25
Lasy iglaste	Tereny zielone	2,22
Lasy liściaste	Lasy mieszane	2,21
Lasy iglaste	Lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian	2,20
Łąki, pastwiska	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	2,15
Tereny przemysłowe lub handlowe	Zabudowa miejska luźna	1,92
Zabudowa miejska luźna	Tereny przemysłowe lub handlowe	1,85
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Miejsca eksploatacji odkrywkowej	1,75
Lasy mieszane	Tereny zielone	1,74
Tereny sportowe i wypoczynkowe	Zabudowa miejska luźna	1,72
Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	Lasy mieszane	1,67
Lasy iglaste	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	1,65
Tereny sportowe i wypoczynkowe	Tereny zielone	1,57

ornych i złożonych systemów upraw, częściowo jednak zmiana ta nastąpiła na korzyść łąk i pastwisk ( $\sim 9 \text{ km}^2$ ) oraz lasów. Mimo to zdecydowanie największy przyrost między rokiem 1990 a 2012 odnotowują obszary zabudowane (tab. 4.1).

W Polsce, mimo odnotowanej tendencji do tzw. kurczenia się miast (Strykiewicz T., 2015), daje się zaobserwować stały rozrost miast (wzrost ich powierzchni), który przejawia się przede wszystkim w zwiększającym się udziale terenów objętych zabudową. Szczególnie obszary luźnej zabudowy miejskiej oraz zabudowy przemysłowej lub handlowej intensywnie zwiększają swój udział w całkowitym pokryciu terenu – ich powierzchnia zwiększyła się z  $17,4 \text{ km}^2$  w 1990 roku do  $25,2 \text{ km}^2$  w roku 2012.

Zauważyć można również wzrost powierzchni obszarów sklasyfikowanych jako zieleń miejska (kategoria nie obejmująca jednak lasów komunalnych, zob. *Inspektorat Ochrony Środowiska* n.d.), które zajmowały w 2012 roku prawie 2,5-krotnie większą powierzchnię niż jeszcze 22 lata wcześniej. Zmiana ta jest znacząca tylko pozornie, gdyż nie nastąpiła gwałtowna zmiana pokrycia terenu, a jedynie zwiększenie powierzchni obszarów zabudowanych sprawił, że tereny wcześniej zaklasyfikowane jako obszary leśne, w 2012 roku zostały włączone do klasy zieleni miejskiej. Stało się tak dla ponad  $2,2 \text{ km}^2$  lasów iglastych,  $1,7 \text{ km}^2$  lasów mieszanych oraz  $1,6 \text{ km}^2$  terenów sportowych i wypoczynkowych (Tab. 4.1).

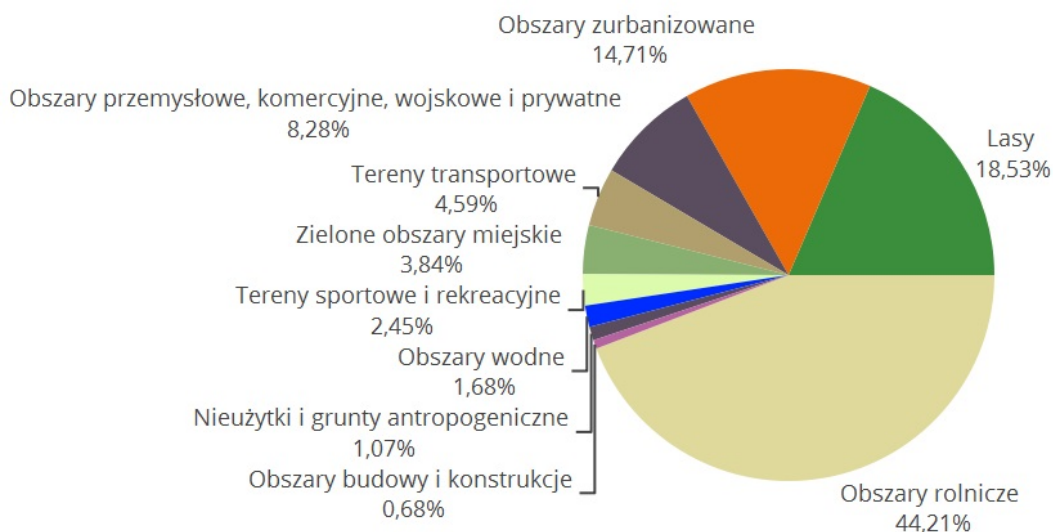
Obliczenia wyraźnie ukazują, że zwiększenie powierzchni zurbanizowanej nastąpiło przede wszystkim kosztem gruntów ornych. Na przestrzeni lat 1990-2012 zabudowa miejska luźna pochłonęła ponad  $50,5 \text{ km}^2$  gruntów ornych z dwóch klas przyjętych w *Corine Land Cover*, to jest złożonych systemów upraw i działek oraz gruntów ornych poza zasięgiem oddziaływania urządzeń nawadniających (Tab. 4.1).

W analizowanym okresie dało się również zauważyć zmniejszenie powierzchni obszarów w trakcie budowy (*construction sites*), których udział w powierzchni zmalał z  $0,71\%$  w roku 1990 do  $0,14\%$  w 2006 roku, a następnie wzrósł do  $0,38\%$  w 2012 roku. Tereny te przemianowane zostały przede wszystkim w obszary miejskiej zabudowy luźnej ( $3,0 \text{ km}^2$ ). Jednocześnie ponad  $2,22 \text{ km}^2$  obszarów wcześniej pełniących funkcje gruntów ornych poza zasięgiem urządzeń nawadniających zostało przekształcone na nowe obszary budowy.

Wyraźnej zmianie uległ procentowy udział obszarów pełniących funkcje transportowe (*Road and rail networks and associated land*). W związku z niską rozdzielczością analizowanych map należy pamiętać, że dane te dotyczą tylko wielkopowierzchniowych terenów związanych z komunikacją. Najistotniejszy wpływ na odnotowaną zmianę miało wybudowanie autostrady na południu Poznania, co spowodowało ponad 3-krotny wzrost powierzchni o funkcji transportowej. Ponad  $4,2 \text{ km}^2$  powierzchni gruntów ornych poza zasięgiem urządzeń nawadniających zostało zamienionych na tereny związane z komunikacją drogową lub kolejową między rokiem 1990 a 2012.

Tereny o rozproszonej roślinności (*Sparsely vegetated areas*) zmniejszyły swój udział prawie pięciokrotnie (z  $0,28\%$  w 1990 roku do  $0,06\%$  w 2012), natomiast udział sadów i plantacji zmalał z  $0,54\%$  do  $0,04\%$  w roku 2000 i pozostał bez zmian do 2012 roku. Zmiana ta nastąpiła głównie ( $3,3 \text{ km}^2$ ) w wyniku przekształcenia się ich w grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających.

Podobnie jak dla zbioru *Corine Land Cover* przeprowadzono analizę procentowego udziału poszczególnych klas wydzielonych w *Urban Atlas* (4.1). Wyższa rozdzielczość tego zbioru pozwala z większą dokładnością oszacować realne pokrycie i użytkowanie terenu w obszarach miejskich.



RYC. 4.1: Procentowy udział klas pokrycia i użytkowania terenu dla obszaru miasta Poznania w roku 2007 w oparciu o zbiór *Urban Atlas*.

Jak ukazuje wykres na rycinie 4.1 w 2007 roku największą powierzchnię w badanym terenie (44,2%) zajmowały obszary rolnicze, półnaturalne oraz podmokłe. Obszary leśne stanowiły ponad 18,5%, natomiast obszary zurbanizowane 15,0%. Tereny pełniące funkcje transportowe, a więc drogi, torowiska i lotniska pokrywają 4,6% obszaru, natomiast zieleń miejska i tereny rekreacyjne 6,3%.

Zwiększenie rozdzielczości danych zawsze poprawia dokładność pomiaru. Zjawisko to tłumaczy różnice w procentowych udziałach poszczególnych klas pokrycia i użytkowania terenu pomiędzy *Corine Land Cover* (CLC) a *Urban Atlas*. Dotyczy to przede wszystkim obszarów transportowych z wyłączeniem lotnisk, których procentowy udział wzrósł z 1,0% (w zbiorze CLC) do 4,2% w drugim zbiorze. Podobna sytuacja ma miejsce dla terenów zielonych. Ich udział zmienił się z 1,7% w CLC do aż 3,8% w *Urban Atlas*.

W celu porównania wyników uzyskanych za pomocą istniejących i szeroko wykorzystywanych zbiorów *Corine Land Cover* oraz *Urban Atlas* z utworzoną na potrzeby niniejszej pracy Szczegółową Mapą Pokrycia Terenu w tabeli 4.2 ukazano wartości procentowego udziału pokrycia terenu obliczone za pomocą najdokładniejszego zbioru danych.

Wzrost rozdzielczości uzyskany dzięki utworzeniu Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu ukazał niższy udział powierzchni gruntów ornych - 28,8%. Podobny areal zajmuje roślinność wysoka oraz roślinność niska. Roślinność wysoka zawdzięcza pozorne zwiększenie powierzchni względem *Urban Atlas*, czy *Corine Land Cover* w wyniku uwzględnienia wszystkich drzew jakie znajdują się w badanym obszarze. Mianowicie do klasy tej włączone zostały także pojedyncze drzewa w centrum miasta, które wcześniej przynależałyby do obszarów zabudowanych.

Niewielkie w swej szerokości powierzchnie związane z komunikacją i transportem również bardzo intensywnie powiększyły swój udział z 4,6% (wszystkie klasy związane z transportem w *Urban Atlas* włączając lotniska) do ponad 9,0% w Szczegółowej Mapie Pokrycia Terenu. Wartość ta jest bliższa rzeczywistości niż wyliczona na podstawie poprzednich zbiorów.

TABELA 4.2: Procentowy udział klas pokrycia terenu Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu

Nazwa	Procentowy udział pokrycia terenu w Poznaniu
Niski budynek	3,86
Średni budynek	0,51
Wysoki budynek	0,08
Konstrukcje	0,08
Drogi/place polne	1,72
Drogi/place asfaltowe	6,27
Torowiska	0,98
Mosty	0,05
Roślinność niska (trawa)	25,62
Roślinność średnia (krzewy)	0,16
Roślinność wysoka (drzewa)	29,13
Grunty orne	28,80
Nieuzytki i grunty antropogeniczne	0,48
Wody	2,27

Na podstawie tabeli 4.1 można określić jaki procent terenu jest nieprzepuszczalny dla wód opadowych, a jaki pozwala na wsiąkanie wody w grunt. Jest to informacja cenna ze względu na funkcjonowanie ekosystemu miasta dostarczając wiedzy związanej z transportem zanieczyszczeń, wpływem powierzchniowym i zagrożeniami powodziami. Obszary nieprzepuszczalne dla wód stanowią budynki oraz tereny pełniące funkcje transportowe poza drogami i placami ubitymi. Zajmują one 11,75% powierzchni analizowanego obszaru. Należy przy tym mieć na uwadze, że w związku z metodyką tworzenia Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu obszary placów nie uwzględniają obiektów o powierzchni mniejszej niż 1000 m<sup>2</sup>, ponieważ nie są one uwzględnione w danych źródłowych, to jest Bazie Danych Obiektów Topograficznych (Dąbrowski, 2016).

#### 4.1.1. Przestrzenne gradienty zmian pokrycia terenu w Poznaniu

Przestrzenna struktura pokrycia i użytkowania terenu w miastach nie jest wynikiem losowych zmian. Miasto rozwija się na przestrzeni setek, a czasem tysięcy lat, a głównym czynnikiem jego przemian jest człowiek. Każda epoka charakteryzuje się własnym stylem, który zwiększa zajmowany przez miasto obszar wpływów, czasem wprowadzając zmiany w już istniejącej strukturze. W wyniku działania procesów miastotwórczych najwięcej elementów pochodzenia antropogenicznego (budowle, drogi, itp.) znajduje się w centrum, a w miarę oddalania się ku peryferiom ich udział maleje. Jednakże, na rozwój miasta wpływa wiele czynników, nie tylko wola człowieka, przez co zmiany w strukturze pokrycia i użytkowania terenu nie zachodzą w postaci idealnie koncentrycznych okręgów o stopniowo zanikającym równo we wszystkich kierunkach wpływie elementów antropogenicznych. Ukształtowanie

terenu, istniejące wcześniej pokrycie terenu, stosunki wodne, a także polityka sprawiają, że pokrycie terenu tworzy pozornie chaotyczną mozaikę. Aby określić charakter i stopień zmiany stosuje się analizy gradientów. Do rozwoju wiedzy na temat gradientowych zmian szczególnie przyczynił się Whittaker (1967), Foreman i Gordon (1984) oraz Alberti (2008). Ich prace pozwoliły ustalić, że znajomość gradientów zmian w krajobrazie umożliwia określenie wpływu człowieka na ekosystem miejski.

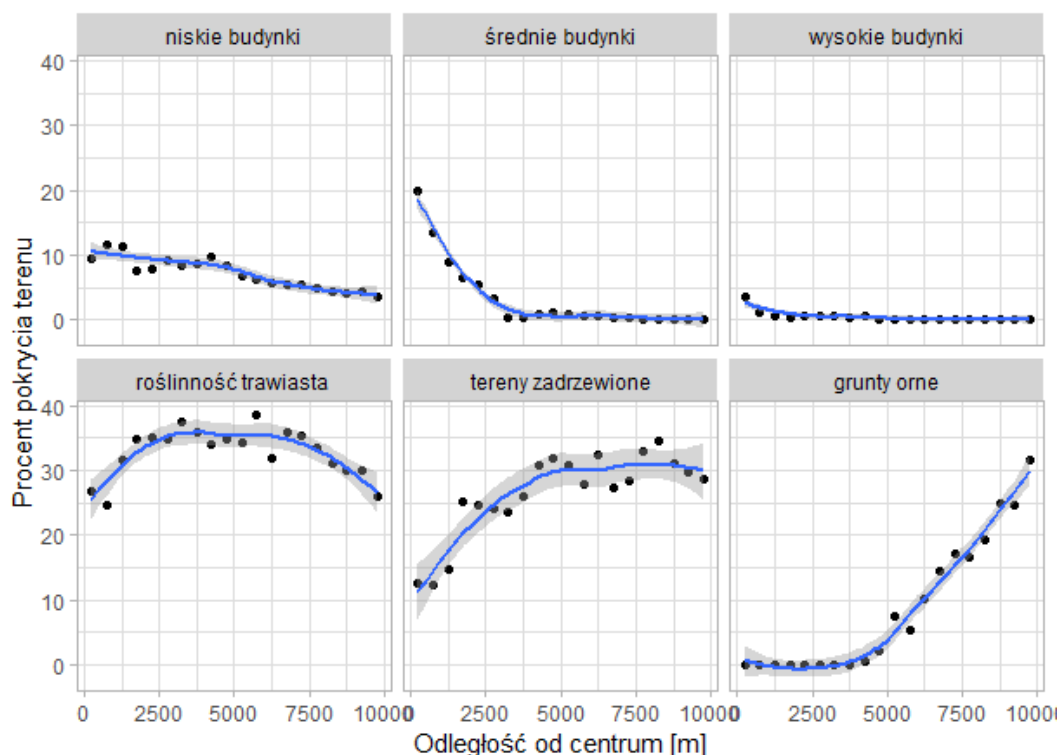
Poniżej zaprezentowano analizę przestrzennych gradientów zmian w pokryciu terenu przeprowadzoną dla całego miasta w podziale na koncentryczne okręgi oraz na osiem wydzielonych transektów. Ukazują one zmiany procentowego udziału wybranych klas pokrycia terenu w miarę oddalania się od centrum. Podobne badania przeprowadzone zostały m.in. w Melbourne, gdzie wykorzystano analizę zmian od centrum ku obszarom wiejskim (tzw. *'urban – rural gradients'*) w badaniu poziomu urbanizacji (Hahs i in., 2006). W niniejszej pracy stworzono wektor 10 pierścieni o zwiększających się co 100 m promieniach i środku będącym geometrycznym centrum granic administracyjnych miasta. W obrębie każdego pierścienia obliczono procentowy udział poszczególnych klas pokrycia terenu, co pozwoliło skonstruować wykresy zmiany wartości w miarę oddalania się od centrum. Aby uwzględnić anizotropowe zmiany zachodzące w badanej zmiennej, analizy dokonano również dla ośmiu transektów dzielących pierścienie zgodnie z kierunkami geograficznymi.

Do najczęściej wykorzystywanych metryk opisujących strukturę krajobrazu miejskiego w oparciu o mapy pokrycia terenu należą gęstość zabudowy i udział roślinności (Heldens i in., 2009). Wysoka rozdzielczość Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu pozwoliła obliczyć te miary. W oparciu o uzyskane miary sporządzono ryciny ukazujące gradientowe zmiany w pokryciu terenu dla całego miasta bez uwzględnienia kierunków geograficznych dla budynków, roślinności oraz gruntów ornych (Ryc. 4.2), jak również z uwzględnieniem kierunków geograficznych (Ryc. 4.3 i 4.4).

Rycina 4.2 jednoznacznie wykazuje spadek udziału powierzchni zabudowanych w kierunku od centrum ku peryferiom miasta. Zabudowa niska (budynki do 4 kondygnacji) wykazuje najbardziej równomierny, jednostajny spadek udziału z ok. 11,0% do 3,5% na obrzeżach. Odsetek zabudowy średniej (budynki od 4 do 6 kondygnacji) maleje gwałtownie z 20,0% w ścisłym centrum (starówka miejska) do zaledwie kilku procent na odległości 3 km od centrum, a następnie nie wykazuje większych fluktuacji. Budynki wysokie zajmują bardzo niewielką powierzchnię w całym badanym obszarze, jednak i w ich przypadku zauważyć można spadek z ponad 3,0% udziału w centrum, ku niemal brakowi ich obecności na peryferiach miasta. Wysoki udział w centrum miasta związany jest z obecnością dzielnicy biznesowej – *Central Business District (CBD)*, a zatem występowaniem wysokich biurowców.

Uwzględniając kierunki geograficzne w analizie gradientów (Ryc. 4.3) stwierdzić można, że zmiany w transektach północno-wschodnim, wschodnim, południowo-wschodnim oraz południowym charakteryzują się gwałtownym spadkiem do odległości ok. 2,5 - 3 kilometrów od centrum, a następnie liniowym spadkiem ku granicy obszaru analizy. Gradient północny, zachodni i południowo zachodni charakteryzują się bardziej liniowym spadkiem, co w połączeniu z wysokimi wartościami procentowych udziałów powierzchni budynków wskazuje na większy zasięg obszarów zurbanizowanych w tych transektach.

Przedstawiony na rycinie 4.2 przestrzenny gradient zmian udziału roślinności ukazuje tendencje odmienne do powierzchni zabudowanych. Procentowy udział roślinności wzrasta wraz z oddalaniem się od centrum miasta. Najwyraźniej można to



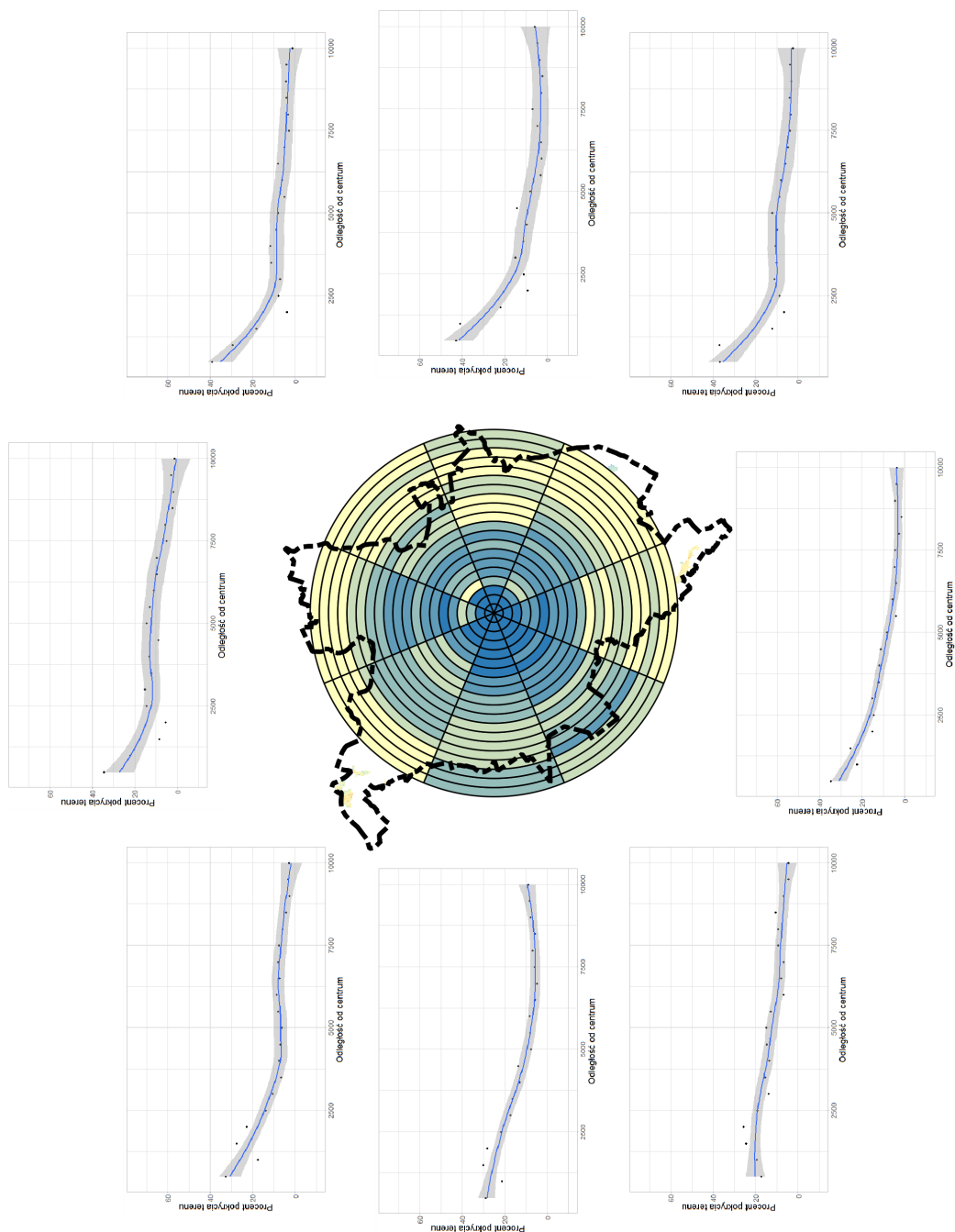
RYC. 4.2: Zmiany procentowego udziału wybranych klas pokrycia terenu w Poznaniu od centrum w kierunku peryferii miasta w 2013 roku.

zaobserwować na krzywej roślinności wysokiej, której wartości wzrastają do odległości 5 km, a następnie stabilizują się na poziomie około 30,0% powierzchni. Roślinność niska (trawiasta) wykazuje odmienną tendencję - jej udział gwałtownie wzrasta do odległości 2,5 km, następnie stabilizuje się, by w odległości ok 7,5 km znów maleć. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest wzrost udziału gruntów ornych, które zastępują roślinność niską. W odległości do 5 km od centrum udział gruntów ornych w powierzchni kształtuje się na poziomie kilku procent, po czym wzrasta do 30,0% w odległości 10 km od centrum.

Podział okręgów na osiem części pokrywa się z tzw. klinami zieleni, które są niezmiernie istotnym elementem geosystemu Poznania. Służą one m.in. wentylacji miasta tworząc kanały dostępu powietrza i „wywiewania” zanieczyszczeń powietrza z miasta (Szczepańska, 2009). Dwa najwyraźniej zarysowujące się kliny widoczne są na północnym-zachodzie oraz wschodzie. Trzeci, nieco mniej wyraźny, skierowany jest ku południowi, natomiast czwarty rozciąga się pomiędzy północną, a północno-wschodnią ósemką (Ryc. 4.4).

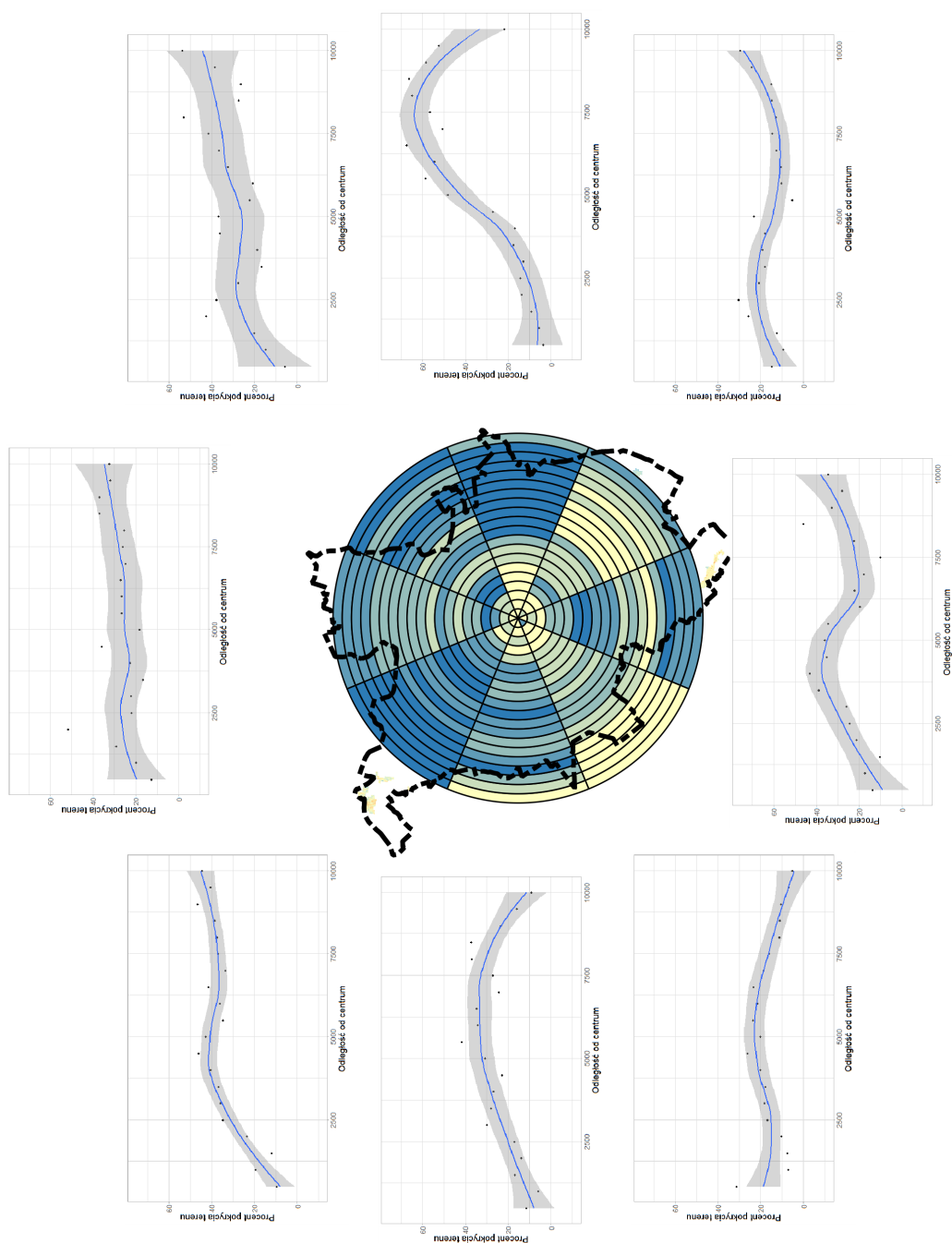
Przedstawione w niniejszej pracy wyniki ukazują Poznań jako miasto o anizotropowej strukturze przestrzennej pokrycia terenu. Warunki geograficzne, takie jak ukształtowanie terenu i obecność rzeki wpłynęły w istotny sposób na rozrost miasta. Szczęśliwie nie następuje on kosztem lasów, które są chronione przez Miejskowe Plany Zagospodarowania Terenu (Krepski, 2011), a ich przyrost wynika z przekształcania gruntów rolnych na tereny leśne.

Najintensywniejszy rozwój obszarów mieszkalnych jak i przemysłowo-handlowych następuje w kierunkach zachodnim i północnym. Wyjątkiem od tej reguły jest osiedle Szczepankowo w południowo-wschodniej części miasta, którego



RYC. 4.3: Gęstość zabudowy w Poznaniu od centrum w kierunku peryferii miasta z uwzględnieniem kierunków geograficznych w 2013 roku





RYC. 4.4: Gęstość roślinności wysokiej w Poznaniu od centrum w kierunku peryferii miasta z uwzględnieniem kierunków geograficznych

powstanie i rozwój związane są z budową autostrady. Gęstość zabudowy maleje od geometrycznego centrum miasta w kierunku granic miasta. Warto jednak zauważyć, że na kierunkach zachodnim i południowo-zachodnim wysokie wartości gęstości zabudowy wydają się przekraczać granice administracyjne miasta Poznania. Wpływ na to mają trzy bardzo intensywnie rozwijające się wsie podmiejskie – Plewiska (9,5 tys. mieszkańców, *Główny Urząd Statystyczny Bank Danych Lokalnych* 2017), Przeźmierowo (6,3 tys. mieszkańców, *Główny Urząd Statystyczny Bank Danych Lokalnych* 2017) i Skórzewo (6,0 tys. mieszkańców, *Główny Urząd Statystyczny Bank Danych Lokalnych* 2017), będące efektem suburbanizacji.

#### 4.1.2. Wpływ zmian struktury krajobrazu na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej

Na podstawie danych *Corine Land Cover* zweryfikowano, na ile struktura pokrycia i użytkowania terenu zmieniła się w badanym obszarze między rokiem 2006 a 2012. Jedyna istotna powierzchniowo zmiana nastąpiła w obszarze osiedla Podolany (~62 ha), w miejscu którym dokonane zostało w tym czasie 51 transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości. Wynika z tego, że w badanym okresie struktura przestrzenna krajobrazu, w skali całego miasta, nie wykazywała znaczących zmian, a więc można ją potraktować jako stałą i nie poddawać analizie dynamicznej.

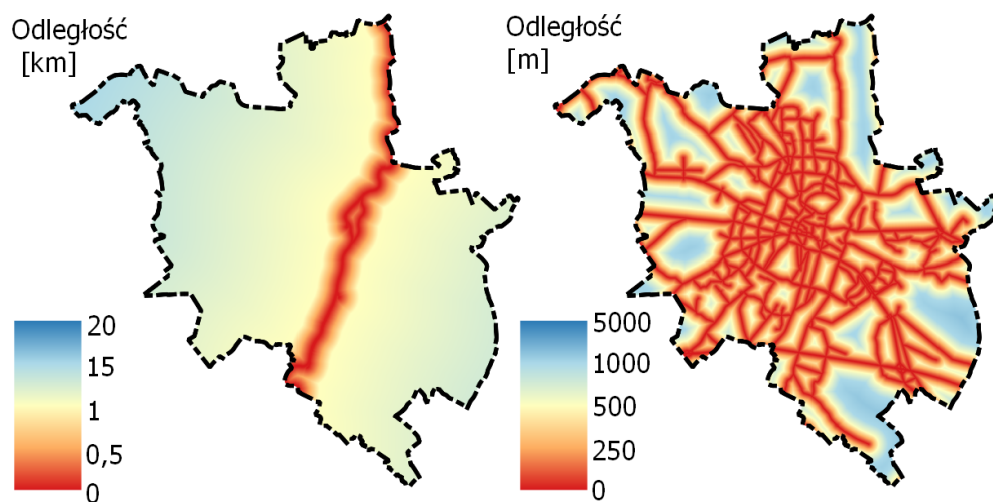
### 4.2. Przestrzenne zróżnicowanie dostępności w mieście

Struktura krajobrazu miejskiego to nie tylko pokrycie terenu, ale również przestrzenne rozmieszczenie istotnych jego elementów i obiektów funkcyjnych. Ich lokalizacja wpływa na ogólnie rozumianą dostępność, jakość środowiska czy walory estetyczne. W niniejszej pracy rozmieszczenie tych obiektów rozumiane jest w kontekście ich dostępności mierzonej odległością euklidesową, bądź czasem dotarcia pieszo, samochodem lub za pomocą komunikacji publicznej. Na rycinach 4.5, 4.6 i 4.7 ukazano rozmieszczenie wybranych obiektów krajobrazowych w mieście za pomocą odległości euklidesowych oraz czasu dojazdu samochodem. Metodykę opracowania map przedstawiono w rozdziale 3.2.

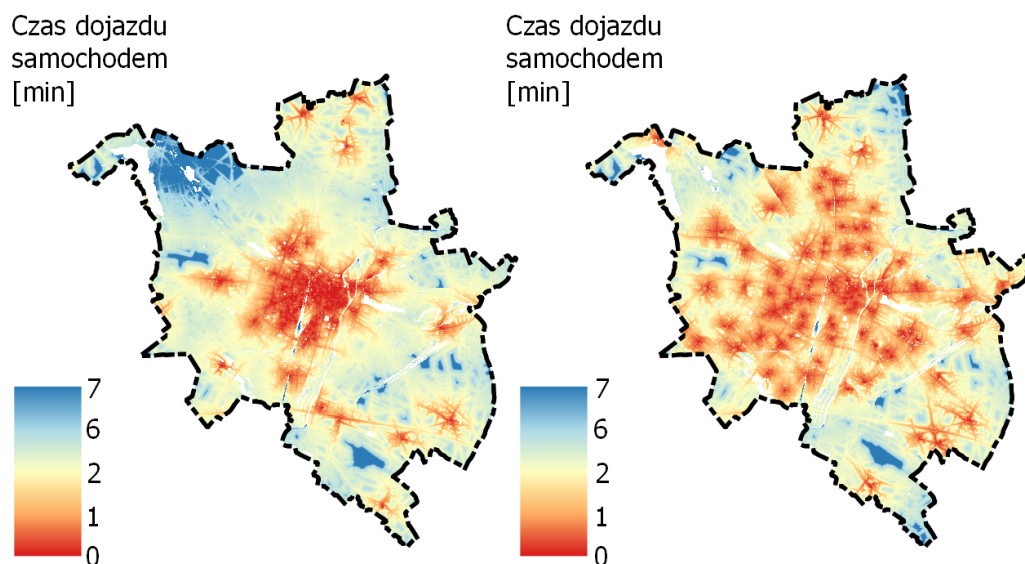
Jak można zauważyć na rycinach 4.5, 4.6 i 4.7 w obrębie miasta Poznania analizowane tu elementy struktury krajobrazu nie są rozlokowane w sposób chaotyczny, ale wykazują skupienia i pewny porządek. Na rycinie 4.8 ukazano najsilniejsze korelacje pomiędzy odległościami euklidesowymi do wybranych elementów struktury krajobrazu w mieście. Zauważyć można, że lasy, znajdujące się na obrzeżach miasta, posiadają negatywną korelację z wieloma elementami struktury znajdującymi się w centrum miasta takimi jak Stary Rynek, kina, więzienie, Most Teatralny<sup>2</sup>, Targi Poznańskie czy parki. Istniejące relacje przestrzenne pomiędzy tymi elementami mogą zaburzać oszacowaną atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej.

Przestrzenne zróżnicowanie miar *space syntax* ukazano na rycinie 4.9. Najwyższe wartości 'osiągalności' znajdują się na osiedlu Podolany, na Starym Rynku, w północnej części Świerczewa oraz w pobliżu ronda Starołęka. 'Przyciąganie' oraz

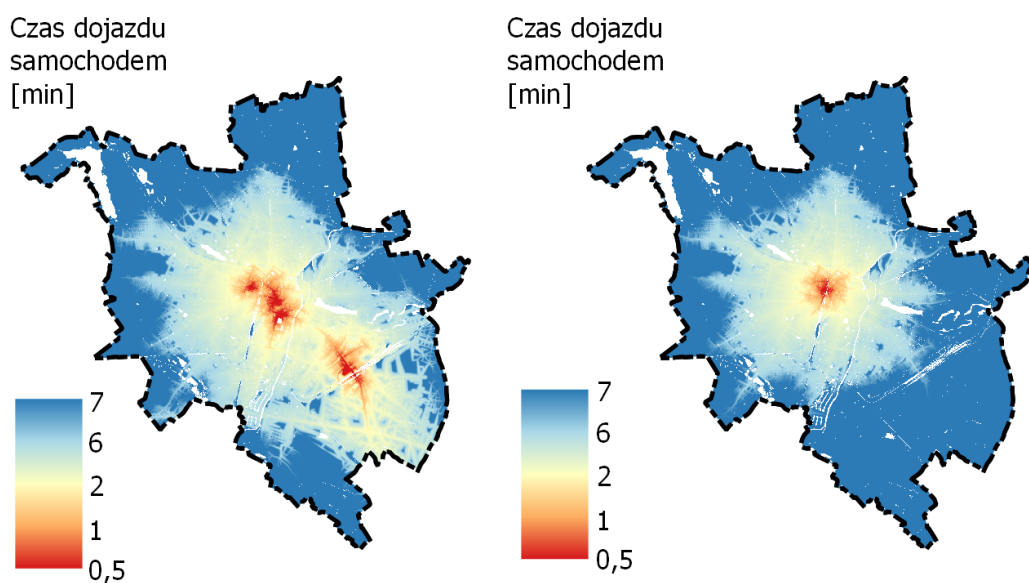
<sup>2</sup>W analizowanym okresie Rondo Kaponiera (powszechnie uznawane w mieście za największy węzeł komunikacyjny) było przebudowywane, w związku z czym Most Teatralny, będący w bliskim sąsiedztwie Ronda Kaponiera, przejął tę funkcję



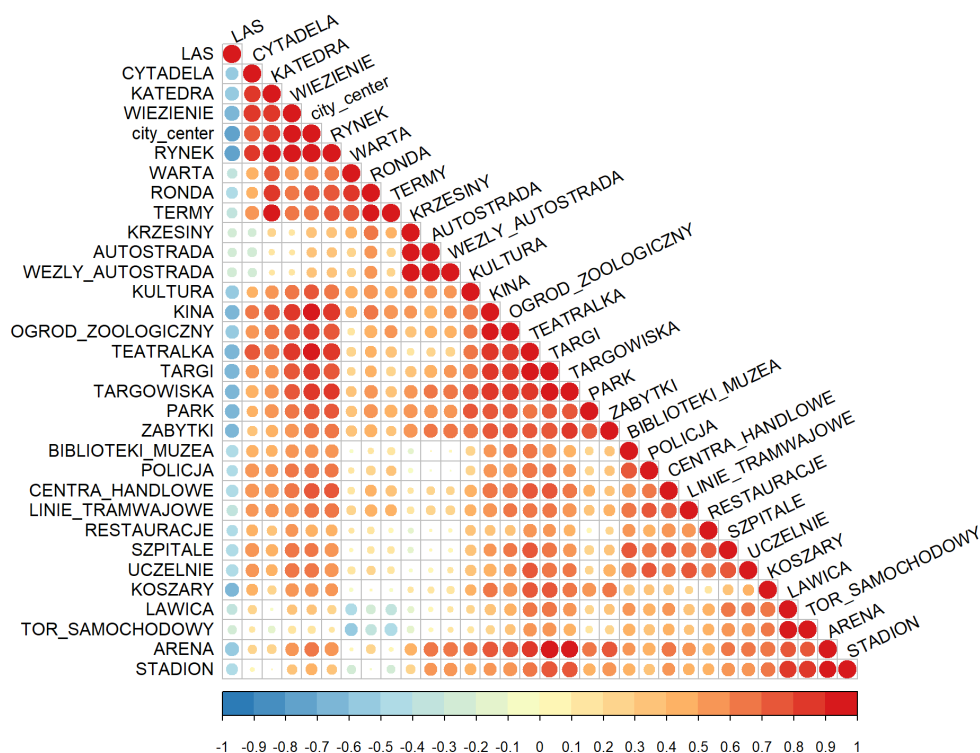
RYC. 4.5: Przestrzenne zróżnicowanie dostępności do wybranych obiektów mierzone odległością Euklidesową. Po lewej: do rzeki Warty, po prawej: do głównych dróg w mieście.



RYC. 4.6: Przestrzenne zróżnicowanie dostępności do wybranych obiektów mierzone czasem dojazdu samochodem. Po lewej: do zabytkowych budynków, po prawej: do kościołów.

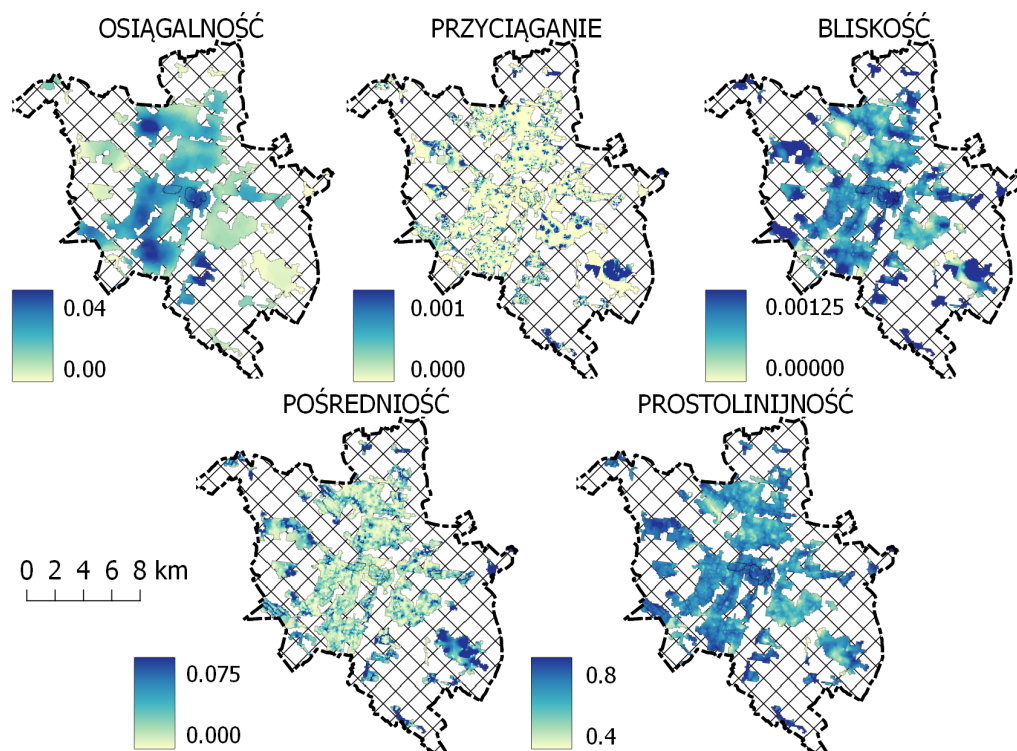


RYC. 4.7: Przestrzenne zróżnicowanie dostępności do wybranych obiektów mierzone czasem dojazdu samochodem. Po lewej: do kin, po prawej: do centralnego węzła komunikacyjnego znajdującego się przy Moście Teatralnym.



RYC. 4.8: Poziom korelacji Pearsona pomiędzy wybranymi elementami struktury krajobrazu w obrębie całego miasta.

'pośredniość' przyjmują szczególnie wysokie wartości w okolicy osiedla Szczepankowo. Miary 'prostoliniowości' dróg oraz 'bliskości' prezentują najbardziej zróżnicowane przestrzennie wartości odzwierciedlając najlepiej pośrednią miarę dostępności oraz krętości dróg.



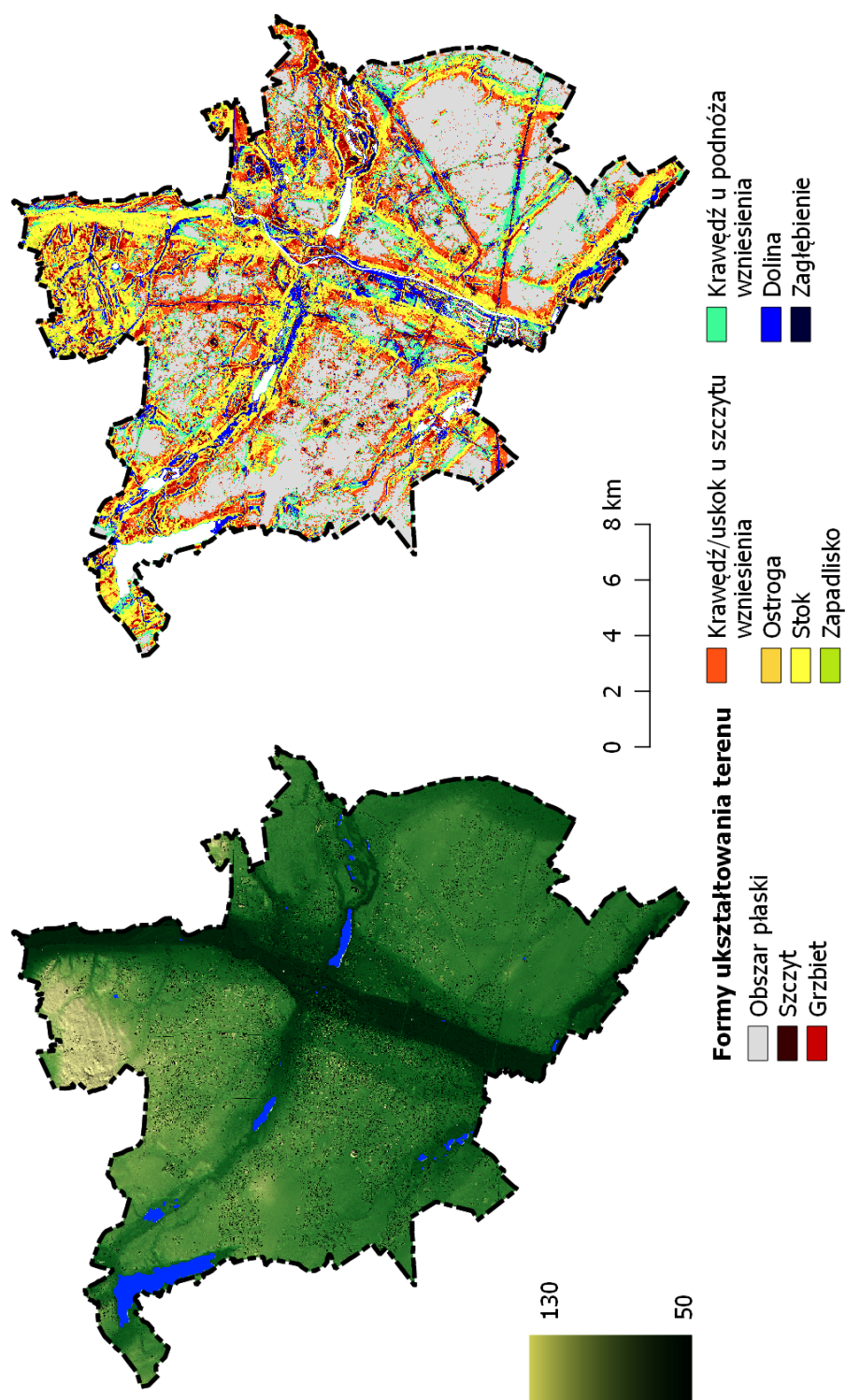
RYC. 4.9: Zróżnicowanie przestrzenne miar *space syntax* w obrębie miasta Poznania.

### 4.3. Przestrzenne zróżnicowanie ukształtowania terenu w mieście

Miasto Poznań znajduje się w większości na płaskim terenie, którego osią w kierunku północ-południe jest tak zwany Poznański Przełom Warty (Kaniecki, 2004). Podzielone jest za pomocą naturalnych barier na cztery części (Ryc. 4.10). Wspomnianą oś północ-południe stanowi rzeka Warta, której brzegi spina sześć mostów drogowych i trzy kolejowe. Drugą oś stanowią rzeki Cybina i Bogdanka dzieląc miasto na część północną i południową. Rzeki te wykorzystywane są również jako granice administracyjne osiedli. Podkreślając tym samym odrębność tych części Poznania (Ryc. 4.13 na stronie 79).

Najniższe wysokości w mieście odnotować można w dolinie Warty (ok. 48 m n.p.m.), zaś najwyższe na północy miasta w rezerwacie Meteorów Morasko - Góra Moraska o wysokości 153,8 m n.p.m. Na północnym - wschodzie miasta jak i również w Dolinie Warty znajduje się relatywnie więcej form ukształtowania terenu, zaś największe obszary płaskie znajdują się na południowym wschodzie w rejonie Świerczewa oraz na zachodzie, w obrębie dzielnic Grunwald, Jeżyce, Ogrody i Ławica.





RYC. 4.10: Zróżnicowanie przestrzenne ukształtowania terenu w obrębie miasta Poznania.

#### 4.4. Regionalizacja obszaru miasta na jednostki o jednolitym krajobrazie

W kontekście analizowania wpływu krajobrazu, a szczególnie oceny wpływu lokalnych czynników na atrakcyjność w mieście użyteczne jest podzielenie miasta na subprzestrzenie charakteryzujące się względnie jednolitym krajobrazem. Metoda ta stosowana jest często w modelowaniu cen nieruchomości, gdzie, w celu poprawy jakości modelowania korzysta się z wyznaczania tzw. subrynków nieruchomości (Adair i in., 1996).

Rynek podmiejski zdominowany przez zabudowę jednorodzinną ma odmienny charakter niż rynek nieruchomości w centrum miasta. Dzieje się tak, m.in. ponieważ nieruchomości w poszczególnych jednostkach są ukierunkowane na innych odbiorców. Osiedla podmiejskie zamieszkane są przede wszystkim przez rodziny posiadające własny samochód, gdyż brak takiego środka transportu znacząco utrudnia podróż do pracy lub szkoły. Straszheim (1974) sugeruje, że rynek nieruchomości składa się z serii pojedynczych rynków, które charakteryzują się osobnymi funkcjami hedonicznymi. Subrynki definiowane są przez Basu i Thibodeau (1998) jako jednostki przestrzenne, w których ceny za jednostkę „charakterystyki” nieruchomości są stałe<sup>3</sup>. Ponadto modelowanie cen nieruchomości w heterogenicznym obszarze wpływa na niestacjonarność parametrów modeli hedonicznych. Istnienie subrynków wpływa nie tylko na różne wagi przyznawane poszczególnym czynnikom wpływającym na cenę nieruchomości, ale również na dobór czynników (Xiao, 2012).

##### 4.4.1. Metodyka wyznaczania subrynków nieruchomości w Poznaniu

W niniejszej pracy subrynki wyznaczono za pomocą autorskiej procedury opartej na grupowaniu hierarchicznym składowych głównych utworzonych z cech dostępności, lokalizacji i sąsiedztwa nieruchomości. Na potrzeby pracy przygotowano odpowiednie narzędzie, które dostępne jest w postaci pakietu 'dspace' (na licencji *GNU Open Source*) gotowego do pobrania z serwera 'github' (dabrowskia/dspace).

Podjęte próby delimitacji subrynków opierały się na metodach 'data-driven' (Helbich i in., 2013b, a więc zamiast ustalić istnienie granic a priori (przykładowo jako granice osiedli) wykorzystano informację zawartą w przestrzeni do ich bezpośredniej delimitacji. Celem podziału było uzyskanie subrynków, które byłyby stabilne bez względu na niewielkie zmiany parametrów algorytmu, jak również wykazywałyby ciągłość przestrzenną. Hierarchiczne algorytmy klastrowania danych, takie jak k-średnich nie wykazywały ciągłości przestrzennej nawet po uwzględnieniu współrzędnych geograficznych. Podjęte próby obejmowały również grupowanie hierarchiczne z narzuconymi 'miękkimi' ograniczeniami przestrzennymi jak opracowany przez Chavent (Chavent i in., 2017) i zaimplementowany w R w pakiecie 'clustGeo', czy 'SKATER'. Eksperymentowano z różnymi miarami odległości, a w przypadku klastrowania hierarchicznego również z różnymi metodami łączenia obiektów.

<sup>3</sup>w oryginale: „Housing submarkets are typically defined as geographic area where the prices per unit of housing quantity (defined using some index of housing characteristic) are constant”, zob. (Basu i in., 1998)

Ostatecznie ze względu na dużą wrażliwość algorytmów na używane parametry wejściowe postanowiono opracować własną procedurę, która wyznaczy subryniki jako obszary o jednolitej strukturze przestrzennej uwzględniającej czynniki mające istotny wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości według globalnego modelu regresji liniowej. **Opracowana, autorska, metodyka składała się z następujących kroków:**

1. wybór zmiennych przestrzennych charakteryzujących te cechy struktury krajobrazu miejskiego, które mają istotny wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości,
2. redukcja zmiennych za pomocą analizy składowych głównych,
3. wybór punktów reprezentujących lokalizacje transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości do stworzenia poligonów Voronoia, które będą stanowiły podstawową jednostkę do grupowania (regionalizacji subrynków),
4. utworzenie struktury topologicznej poligonów Voronoia w postaci sieci, w której węzłami są poszczególne poligony, zaś krawędź stanowi odległość euklidesowa obliczona na podstawie wybranych w drugim kroku składowych głównych,
5. wykorzystanie algorytmu szybkiego klastrowania węzłów sieci (*fast greedy modularity optimization algorithm*) opracowanego przez Clauset, Newman i Moor (Clauset i in., 2004) w celu delimitacji subrynków.

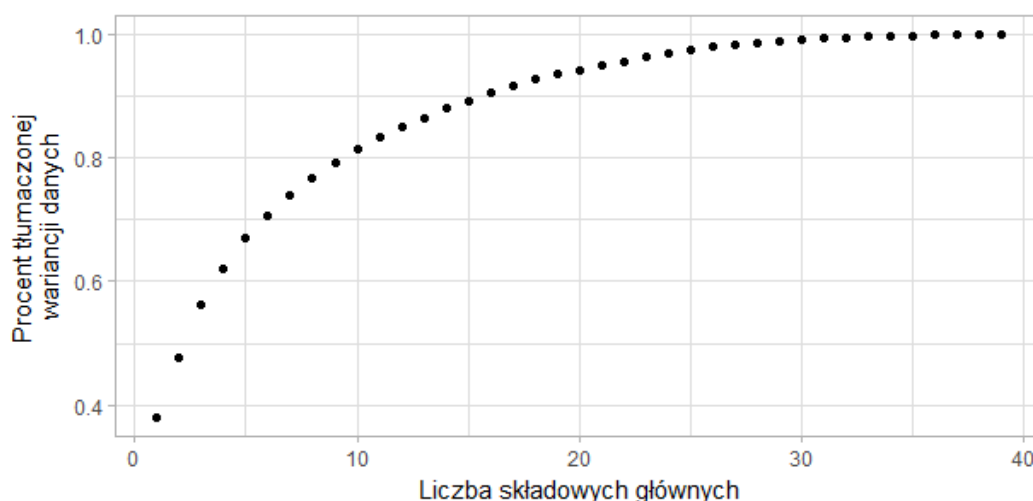
Zgodnie z modelem czynnikami uwzględnionymi przy wyznaczaniu subrynków były: czas dojazdu do autostrady za pomocą komunikacji publicznej, czas dojazdu samochodem do budynków przemysłowych, logarytm czasu dojścia pieszo do parku miejskiego „Cytadela”, czas dojścia pieszo do głównych dróg miejskich, logarytm odległości euklidesowej do dużych zbiorników wodnych (o powierzchni większej niż 5 ha), odległość euklidesowa do małych zbiorników wodnych (o powierzchni mniejszej niż 5 ha), odległość euklidesowa od kin, logarytm czasu dojazdu samochodem do kominów (reprezentujących obszary przemysłowe potencjalnie zanieczyszczające powietrze), czas dojazdu samochodem do kościoła, czas dotarcia pieszo do lotniska w Krzesinach, logarytm czasu dojścia pieszo do obiektów kultury fizycznej, czas dojazdu samochodem do obiektów kultury, logarytm odległości euklidesowej do lasu, logarytm czasu dojazdu komunikacją publiczną do lotniska Ławica, czasu dojazdu samochodem do linii tramwajowych (mogących stanowić potencjalne źródło hałasu i zanieczyszczeń), logarytm czasu dojazdu samochodem do ogrodu zoologicznego, czas dojazdu samochodem do parków miejskich, logarytm czasu dojścia pieszo do komisariatu policji, czas dojazdu samochodem do przedszkola, logarytm czasu dojazdu samochodem do stacji kolejowej, czas dojazdu samochodem do restauracji, logarytm odległości euklidesowej od rond: Starołęka, Rataje i Śródka (stanowiących istotne węzły komunikacyjne w mieście), logarytm czasu dojazdu komunikacją publiczną do rynku miejskiego, logarytm czasu dojazdu komunikacją publiczną do mniejszych rzek w mieście, czas dotarcia pieszo do stadionu, czas dojazdu samochodem do szkoły podstawowej, logarytm czasu dojazdu samochodem do szpitalu, logarytm odległości euklidesowej do Międzynarodowych Targów Poznańskich, logarytm czasu dojazdu samochodem do Mostu Teatralnego (stanowiącego istotny węzeł komunikacyjny w mieście), czas dojazdu samochodem do obiektów uczelni wyższych, logarytm odległości euklidesowej od więzienia, czas dojazdu samochodem do budynków będących zabytkami, logarytm odległości euklidesowej od zajezdni tramwajowych (będących znaczącym źródłem hałasu, ale



również wyznacznikiem możliwości komunikacyjno - transportowych lokalizacji), udział drzew w promieniu 50 metrów, średnia wysokość budynków w promieniu 50 metrów, różnorodność form terenu w promieniu 50 metrów czy wreszcie typ urbanistycznej jednostki strukturalnej wyznaczony za pomocą narzędzia 'geopat' (Jasiewicz i in., 2015 służącego segmentacji).

Miary odległości od obiektów (czas dojazdu lub dojścia) nie zawsze pokrywają się ze spodziewanymi preferowanymi środkami dotarcia do danych obiektów. Wynikać to może z różnych wag nakładanych na różne obiekty, a tym samym istotnością obiektów. Nie należy ich w związku z powyższym interpretować dosłownie aby zrozumieć, dlaczego mieszkańcy Poznania „preferują” chodzić pieszo do komisariatu, jednak może to stanowić istotną przesłankę, że bliskość komisariatu w zasięgu pieszej podróży może mieć tu większą wagę ze względu na poczucie bezpieczeństwa.

W celu zniwelowania wpływu współliniowości wybrane zmienne poddane zostały redukcji wymiarów stosując analizę składowych głównych. 11 składowych tłumaczących łącznie 80% zmienności danych zostało wybranych do dalszej procedury wyznaczania subrynków (4.11).



RYC. 4.11: Skumulowany poziom informacji zawartej w składowych głównych.

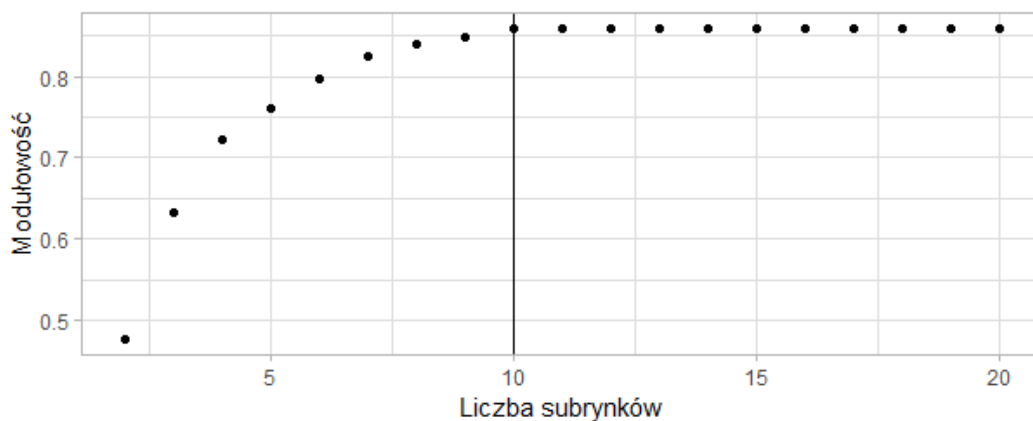
Kolejnym krokiem procedury wyznaczania subrynków było wybranie punktów reprezentujących unikalne lokalizacje transakcji kupna / sprzedaży nieruchomości w Poznaniu (3 886 lokalizacji). Na ich podstawie wygenerowano poligony Voronoia reprezentujące powierzchnie najbliższe poszczególnych transakcji. Metoda ta pozwala podzielić obszar Poznania proporcjonalnie do istniejących transakcji.

W oparciu o poligony Voronoia stworzono sieć topologiczną, w której obszary sąsiadujące ze sobą krawędzią lub węzłem uznano za połączone, zaś więź / krawędź je łącząca została obliczona jako miara podobieństwa między sąsiadującymi regionami. Miara podobieństwa została opracowana jako odwrotność ze standaryzowanej odległości euklidesowej pomiędzy wartościami składowych głównych.

Ostatnim elementem procedury był podział obiektów na regiony za pomocą algorytmu szybkiego klastrowania węzłów w sieci (*fast greedy modularity optimization algorithm*). Algorytm ten opracowany został w 2004 roku przez Clauset, Newman i Moor (Clauset i in., 2004), a zaimplementowany w oprogramowaniu R przez Nepusz i Csardi. Algorytm ten poszukuje tzw. sub-społeczności w sieciach bazując na

zdefiniowanych wcześniej wagach. Użycie algorytmu sieciowego zamiast klasycznego podejścia hierarchicznego lub k-średnich zapewniło ciągłość przestrzenną wyznaczonych subrynków.

Pewnym problemem w podziale na subrynki pozostaje otwarta kwestia liczby regionów do wyznaczenia. W niniejszej pracy zastosowano podejście optymalizacji modułowości. Modułowość jest mierzalną cechą sieci służącą pomiarowi jakości podziału na grupy. Stanowi ona proporcję połączeń wewnątrz grup do potencjalnej losowej liczby połączeń między węzłami. Wartości zbliżone do 1 oznaczają lepszy podział. W przypadku podziału na subrynki pozostaje kwestia zrównoważenia liczby subrynków i ich powierzchni, gdyż mniejsze subrynki oznaczają mniej transakcji, a w konsekwencji mniej danych do oszacowania modelu. Zmianę modułowości w obszarze Poznania w przypadku podziału na dwa do trzydziestu subrynków zaprezentowano na rycinie (4.12). Maksymalna wartość zaznaczona została pionową kreską i uzyskuje się ją w podziale na 11 subrynków, jednak z wykresu wyraźnie widać, że wartość ta stabilizuje się już przy dziesięciu subrynkach, a wyznaczony jedenasty subrynek charakteryzuje się niewielką powierzchnią oraz znacznie mniejszą liczbą przeprowadzonych transakcji.

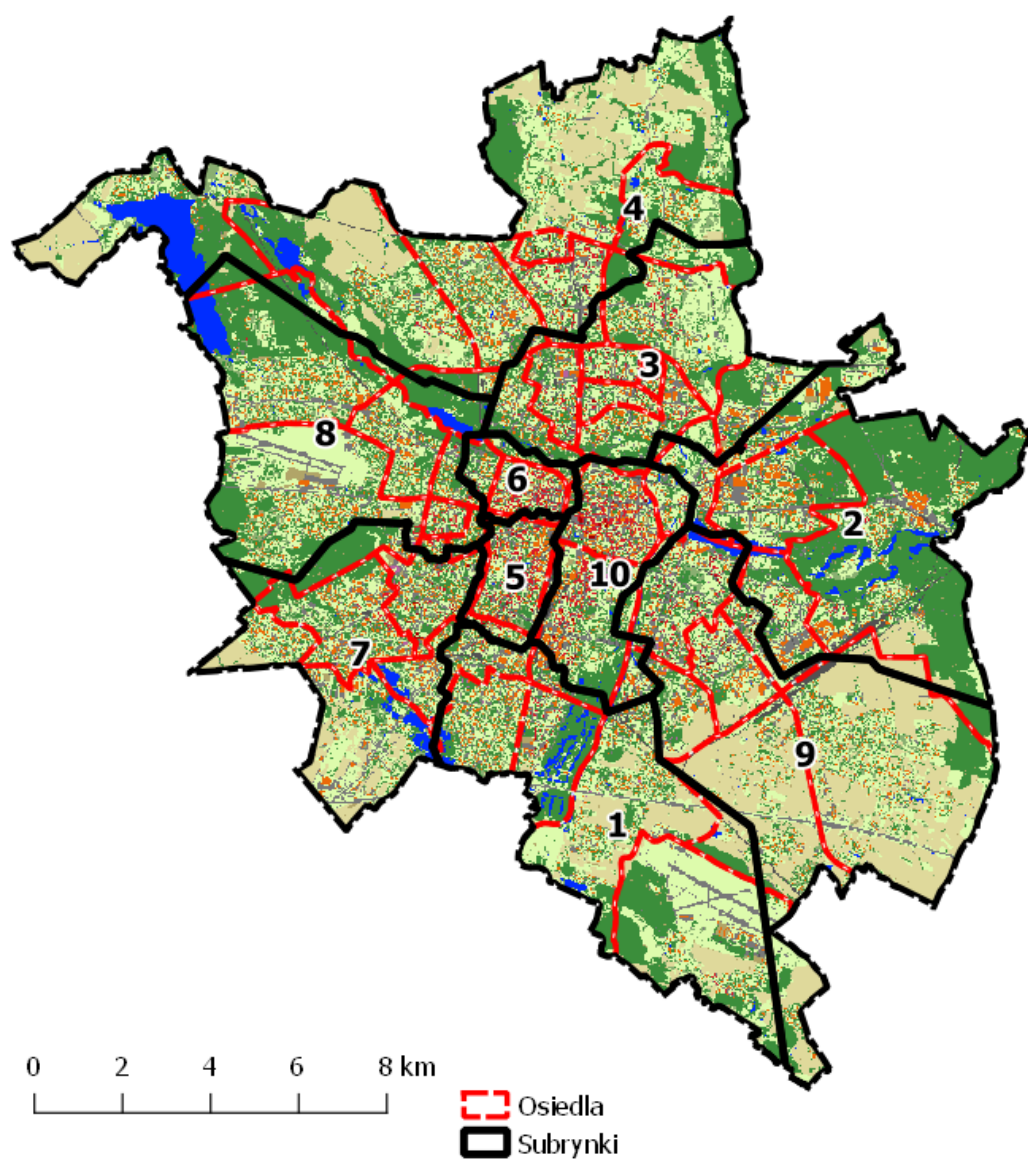


RYC. 4.12: Zmiana modułowości podziału na subrynki w Poznaniu.

Na podstawie powyżej opisanej metody podzielono Poznań hierarchicznie na subrynki. Następnie przeprowadzono modelowanie regresji liniowej dla całego miasta, jak i w podziale na 10 subrynków. Model liniowy nie uwzględniający zmienności przestrzennej (podziału na subrynki) wykazywał współczynnik determinacji  $R^2$  równe 0,37, natomiast modele dla poszczególnych subrynków charakteryzowały się przeważnie wyższymi wartościami (z wyłączeniem dwóch obszarów: okolicy lotniska Ławica oraz osiedla Warszawskiego). Podział na subrynki ukazany został na rycinie 4.13. Zaobserwować można na niej, że podział utworzony wyłącznie w oparciu o cechy struktury krajobrazu odzwierciedla podział miasta na osiedla.

#### 4.4.2. Charakterystyka subrynków

Subrynki stanowią wydzielone z obszaru miasta podprzestrzenie charakteryzujące się względnie jednorodną strukturą krajobrazu. W wyniku opisanej wcześniej procedury wydzielono w Poznaniu 10 subrynków posiadających w swoim obrębie między 372, a 1 720 transakcji nieruchomości i powierzchnię między 368, a 5 471 ha (Tabela 4.3).



RYC. 4.13: Granice występowania subrynków w Poznaniu wyznaczone autorską metodą zaprezentowaną w niniejszym opracowaniu.

TABELA 4.3: Porównanie subrynków pod kątem ich powierzchni, liczby transakcji oraz mediany ceny m<sup>2</sup> nieruchomości

Subrynek	Liczba transakcji	Powierzchnia całkowita [ha]	Powierzchnia zabudowy mieszkalnej [ha]	mediana ceny m <sup>2</sup> nieruchomości [zł]
1	715	3 381	1 017	4 439
2	372	3 534	706	4 983
3	1 565	2 293	1 151	5 382
4	1 303	5 471	1 337	5 371
5	1 433	474	363	4 652
6	1 421	368	235	4 845
7	544	2 243	871	5 049
8	653	2 983	965	4 982
9	1 170	4 185	1 278	5 404
10	1 720	1 170	597	5 201

Pomiędzy subrynkami zauważyć można znaczące różnice w strukturze krajobrazu pokrycia i użytkowania terenu (Ryc. 4.14).

#### Subrynek 1 - Świerczewo

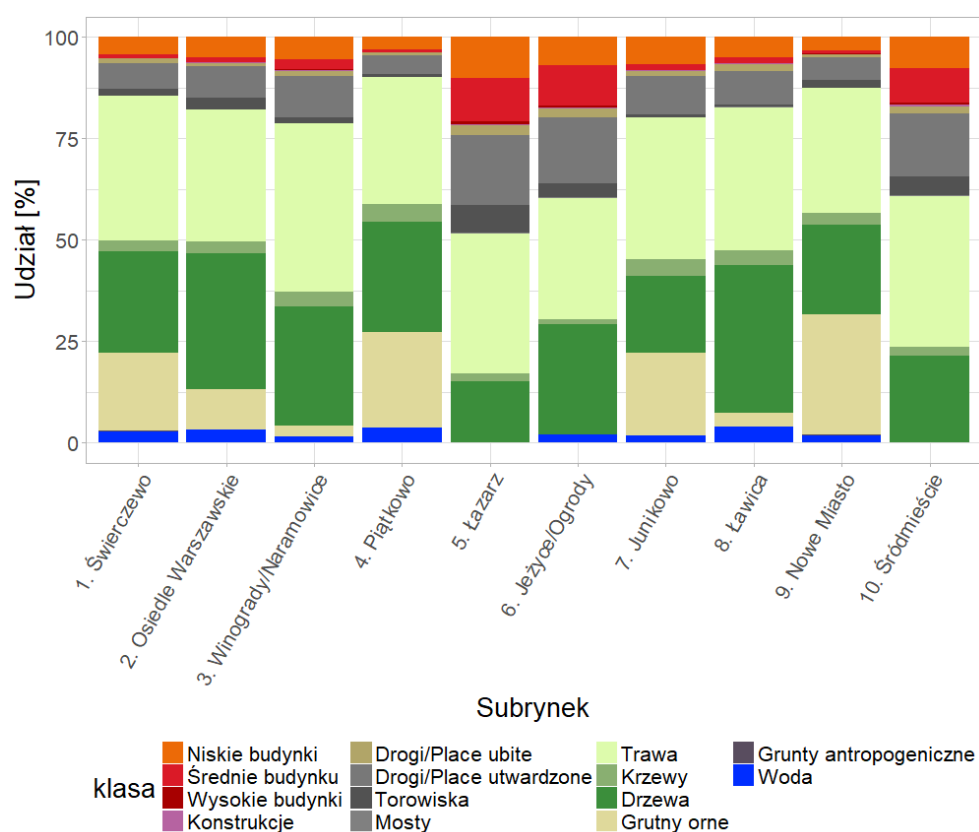
Pierwszy subrynek znajduje się w południowej części miasta (Ryc. 4.15) i zajmuje powierzchnię 3 381 ha, z czego obszar zabudowy mieszkalnej wynosi 1 017 ha (Tab. 4.3). Swym zasięgiem obejmuje znaczną część doliny Warty oraz jej wschodniego brzegu. Charakteryzuje się przeważnie zabudową jednorodzinną występującą na osiedlach Świerczewo, Zielony Dębiec, Starołęka-Minikowo-Marlewo oraz Głuszyna. Zachodnia część subryнку posiada gęstszą zabudowę, natomiast wschodnia zdominowana jest przez obecność lotniska Krzesiny.

Obszar ten posiada sumarycznie niski udział budynków w pokryciu terenu (niecałe 5,0% całkowitego pokrycia terenu, Ryc. 4.14) i stosunkowo wysoki udział gruntów ornych (~14,5%). Najwięcej budynków jednorodzinnych znajduje się w jego zachodniej części w obrębie osiedla Świerczewo (Ryc. 4.15). W centralnej części między torami kolejowymi a Wartą występuje wyższa koncentracja budynków wysokich oraz obszarów wodnych obejmujących fragment Warty oraz stawy w lesie „Dębina” (Ryc. 4.15).

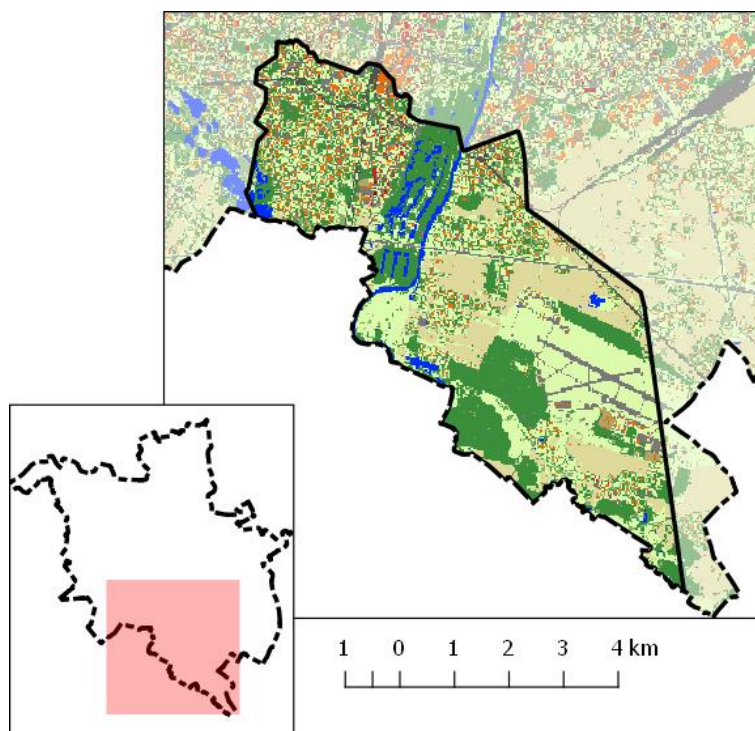
Ze względu na koncentrację lokalizacji transakcji w jednym, niewielkim obszarze, w obrębie danych występuje silna współliniowość zmiennych związanych z dostępnością. Sytuacja ta może potencjalnie modyfikować oszacowany wpływ zmiennych niezależnych na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości zniekształcając prawdziwą relację.

Do najistotniejszych korelacji w tym subryнку zaliczyć można ujemną korelację między odległością od centrum a odległością od lasu<sup>4</sup>. W przypadku dostępności mierzonej odległością euklidesową wynoszą one odpowiednio -0,65 i -0,68. Wzrost odległości od każdego z tych obiektów, zgodnie z literaturą (Kong i in., 2007) powinien obniżać atrakcyjność, jednak z powodu negatywnej korelacji oszacowany wpływ może być odwrotny.

<sup>4</sup>Wszystkie ryciny z korelacjami wewnątrz miasta jak i wewnątrz poszczególnych subrynków znajdują się na załączonej do pracy płycie DVD



RYC. 4.14: Procentowy udział pokrycia terenu w poszczególnych subrynkach Poznania obliczony na podstawie Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu.



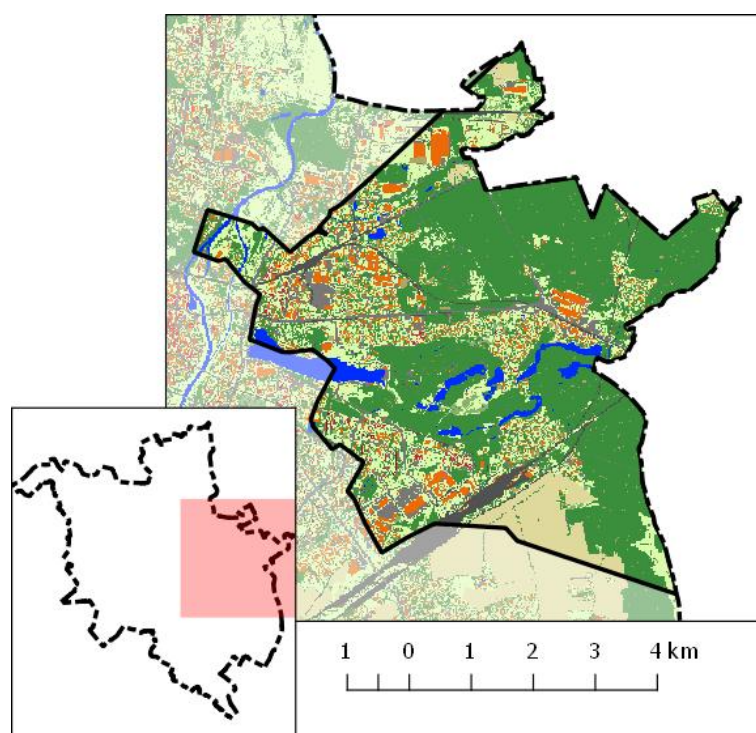
RYC. 4.15: Zasięg występowania subryнку 1 - Świerczewo w obszarze miasta Poznania.



Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku odległości od lotniska w Krzesinach. Obiekt ten znajduje się z dala od transakcji nieruchomości i jest silnie negatywnie skorelowany z większością obiektów znajdujących się w centrum miasta.

### Subrynek 2 - Osiedle Warszawskie

Drugi subrynek znajduje się na wschodnim brzegu Warty pokrywając swym zasięgiem osiedle Warszawskie - Pomet - Maltańskie, a także Antoninek - Zieliniec - Kobylepole oraz większą część Chartowa (Ryc. 4.16). Posiada on powierzchnię 3 534 ha, z czego 706 ha stanowi zabudowa mieszkalna (Tab. 4.3). Większa część subrynku, znajdująca się w północnej i wschodniej jego części, charakteryzuje się zabudową jednorodzinną powstałą przed 1960 rokiem. Część Chartowa, która została zaliczona do tego subrynku, powstała w dużej mierze w latach 70. i 80. i stanowi w przewadze zabudowę blokową wielorodzinną.



RYC. 4.16: Zasięg występowania subrynku 2 - Osiedle Warszawskie w obszarze miasta Poznania.

Obszar ten charakteryzuje się bliskością dużych zbiorników wodnych, w tym jeziora Maltańskiego. Duży obszar zieleni w postaci cmentarza na Miłostowie oraz nowego zoo sprawia, że jest to teren z wyraźnie wyższą dostępnością do obszarów zadrzewionych niż reszta miasta. Udział pokrycia terenu drzewami wynosi ponad 50,0%, co stanowi najwyższy wynik spośród analizowanych subrynków. Kosztem obszarów leśnych pokrycie terenu roślinnością trawiastą zajmuje w nim proporcjonalnie najmniejszy udział (~22,0%).

Jednocześnie należy zaznaczyć, że jest to obszar o stosunkowo dużym udziale zabudowy przemysłowej oraz wielkopowierzchniowych hal pełniących funkcje magazynowo-usługowe. Przy wschodniej granicy dużą powierzchnię zajmują hale firmy Volkswagen, na północy znajdują się zakłady przemysłowe w osiedlu Główna, a na południu wielkopowierzchniowe sklepy centrum handlowego „Franowo”.

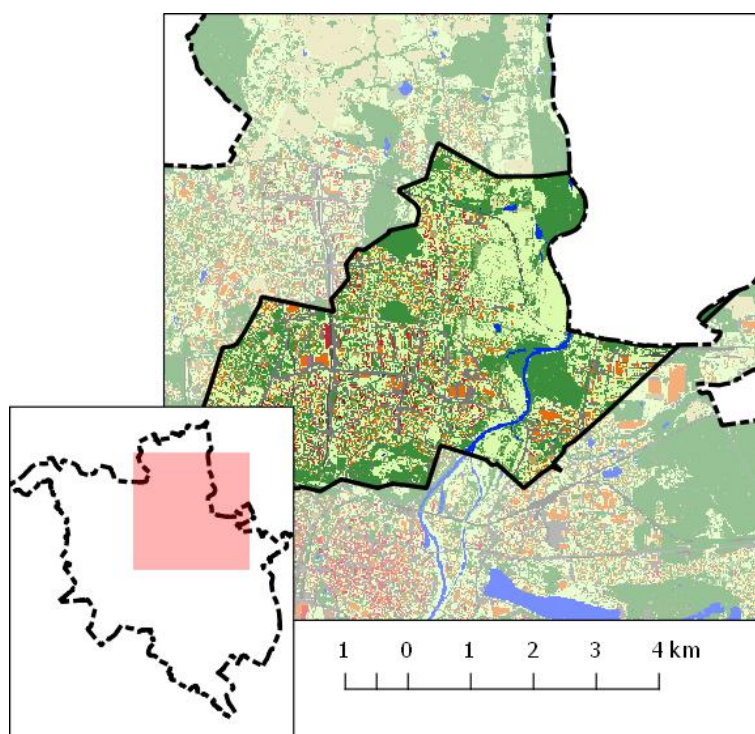
W porównaniu z resztą subrynków liczba transakcji przeprowadzona w obszarze drugiego subrynk jest wyraźnie niższa (372, Tab. 4.3), co powiązane jest z dominującymi obszarami zabudowy jednorodzinnej.

W obszarze drugiego subrynk istnieje negatywna korelacja pomiędzy odległością od lasu oraz odległością od centrum miasta, co może wpływać na błędne oszacowywanie wpływu tych zmiennych na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości (Rycina załączona na płycie DVD).

### Subrynek 3 - Winogrody/Naramowice

Subrynek nr 3 swym zasięgiem obejmuje obszar na północ od ścisłego centrum miasta (Ryc. 4.17). Zajmuje powierzchnię 2 293 ha, z czego obszar zabudowy mieszkalnej zajmuje 1 151 ha (Tab. 4.3). Charakteryzuje się on mieszaną zabudową, a mianowicie osiedlami jednorodzinnymi w najbliższym sąsiedztwie parków (Sołackiego i Cytadela) i lasów (Umultowski oraz Lasek Piątkowski z rezerwatem Żurawiniec) oraz zabudową blokową w centrum subrynk.

Subrynek ten obejmuje osiedla Sołacz, Winiary, Nowe Winogrody, Naramowice oraz część osiedla Główna. W przypadku ostatniego osiedla niewielka liczba transakcji w jego obszarze wpływa prawdopodobnie na mylne wyznaczenie granicy, choć jednym z powodów może być również bliskie sąsiedztwo Warty jako dominującego krajobrazowo czynnika.



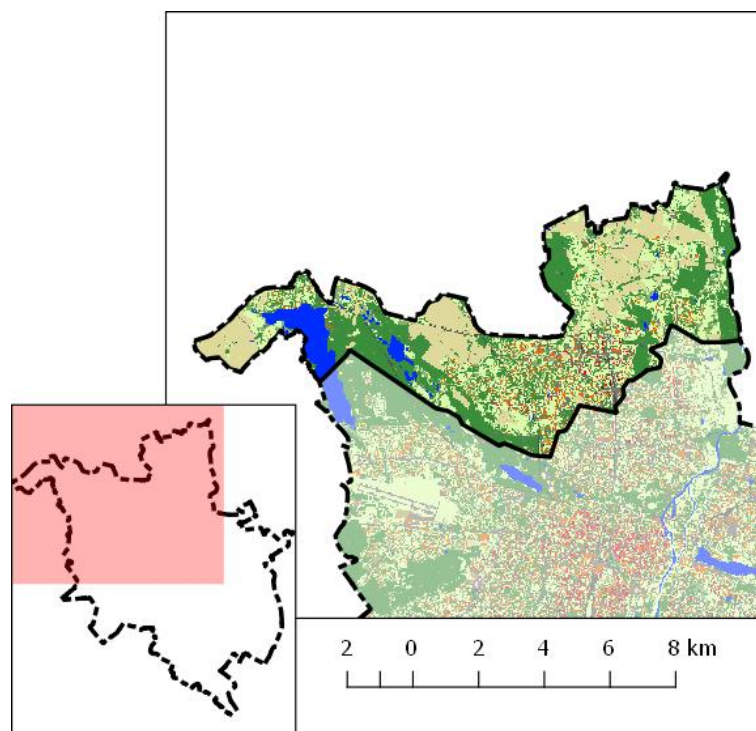
RYC. 4.17: Zasięg występowania subrynk 3 - Winogrody/Naramowice w obszarze miasta Poznania.

Obszar 3 subrynk posiada największy spośród analizowanych obszarów udział roślinności trawiastej (~41%, Ryc. 4.14) oraz stosunkowo wysoki udział roślinności krzewiastej (~3,5%, Ryc. 4.14). Duży wkład w tym udziale posiada osiedle Naramowice położone na zachód od Warty, które stanowi wciąż w znacznym stopniu niezabudowany teren. Obecnie następuje tam silny rozwój budownictwa wielorodzinnego.

**Subrynek 4 - Piątkowo**

Czwarty subrynek znajduje się w północnej części miasta. Na zachodzie obejmuje jezioro Kierskie, a na wschodzie sąsiaduje z rzeką Wartą. Obejmuje osiedla Kiekrz, Strzeszyn, Podolany, Jana III Sobieskiego i Marysieńki, Piątkowo, Umultowo i Morasko - Radojewo. Poza Piątkowem, charakteryzującym się zabudową blokową, dominuje tu zabudowa jednorodzinna. Piątkowo należy do jednych z lepiej skomunikowanych z centrum dzielnic miasta dzięki wybudowanej trasie tramwajowej, tzw. Poznańskiego Szybkiego Tramwaju.

Północną część miasta zamieszkują w dużej mierze osoby relatywnie (w kontekście całego miasta) młodsze (Basarbowicz i in., 2015). Jednocześnie w kontekście ekonomicznym zauważyć można, że mimo stosunkowo niewielkiej liczby osób starszych zamieszkujących ten obszar, głównym źródłem utrzymania osób w wieku poprodukcyjnym pozostaje praca.



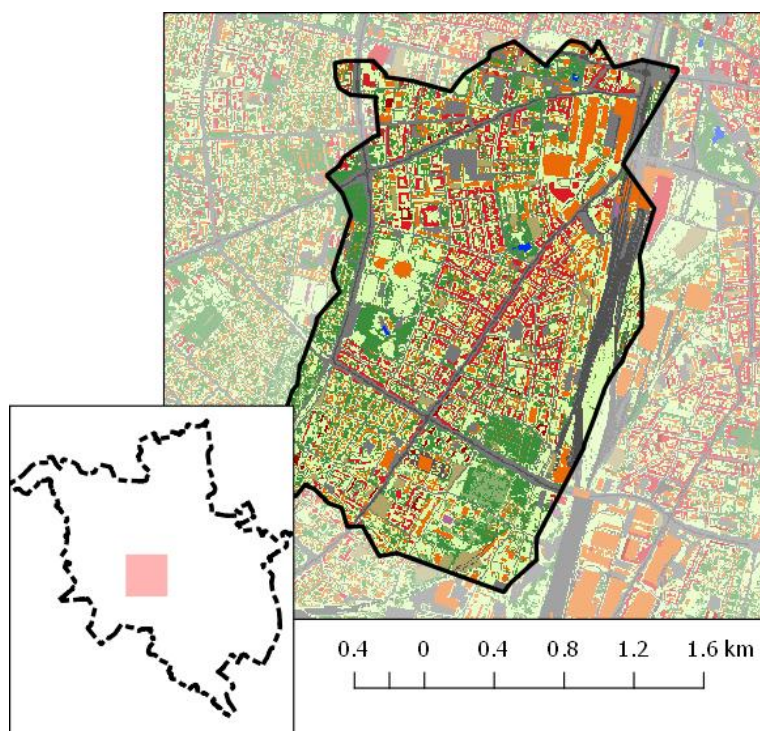
RYC. 4.18: Zasięg występowania subrynku 4 - Piątkowo w obszarze miasta Poznania.

Obszar ten charakteryzuje się najniższym udziałem dróg i placów utwardzonych (~3,8%, Ryc. 4.14), których jest nieco ponad 5 razy więcej niż dróg i placów gruntowych (~0,7%, Ryc. 4.14). Mimo dużej powierzchni niezabudowanych obszarów (zaledwie ~3,8% powierzchni stanowią budynki), dużą część zajmują grunty orne (~20,6%, Ryc. 4.14). Roślinność trawiasta pokrywa zaledwie ~28,0% powierzchni terenu, co stanowi jeden z niższych wskaźników spośród analizowanych subrynków. Ponieważ 4 subrynek obejmuje swoim zasięgiem jezioro Kierskie oraz Strzeszyńskie, jest też subrynkiem o najwyższym udziale powierzchni wodnych w pokryciu terenu: ~5,5% (Ryc. 4.14).



**Subrynek 5 - Łazarz**

Subrynek nr 5 znajduje się w centrum miasta obejmując dzielnicę św. Łazarz. Posiada powierzchnię ponad 474 ha z czego 363 przypada na zabudowę mieszkalną (Tab. 4.3). Obszar ten charakteryzuje się dominacją zabudowy średniej wysokości (4-6 kondygnacji) o charakterze kamienic powstałych w pierwszej połowie XX wieku (~9,14% powierzchni terenu). Jego główną osią jest ulica Głogowska. Na wschodzie graniczy z torami kolejowymi sięgającymi dworca głównego, a na zachodzie z ulicą Reymonta. Głównym obszarem zieleni jest park Kasprowicza z charakterystyczną halą sportową „Arena”.



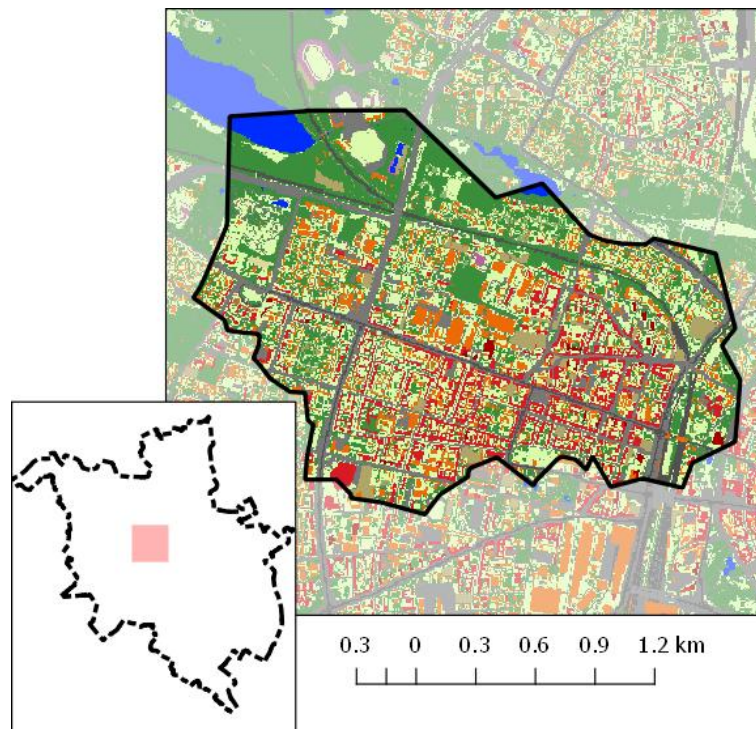
RYC. 4.19: Zasięg występowania subrynku 5 - Łazarz w obszarze miasta Poznania.

W porównaniu do pozostałych subrynków obszar ten charakteryzuje się wysokim udziałem terenów zabudowanych. Budynki niskie zajmują w nim aż 11,4% (Ryc. 4.14), co stanowi najwyższy procentowy udział ze wszystkich subrynków. Budynki średnie zajmują powierzchnię ok. 9,1% (Ryc. 4.14), co stanowi drugą najwyższą wartość z analizowanych subrynków, a budynki wysokie ~0,8%, co znów stanowi najwyższą wartość z analizowanych obszarów. Piąty subrynek zajmuje również czołowe miejsca w zakresie pokrycia terenu drogami i placami utwardzonymi (~17,8%), drogami i placami gruntowymi (~2,5%) oraz torowiskami (~6,1%). Wysokie udziały infrastruktury w pokryciu terenu występują kosztem niskich wartości udziału obszarów przyrodniczych takich jak drzewa (zaledwie ~16,9%), czy woda (~0,14%). W obrębie tego subrynku nie występują zupełnie grunty orne.

**Subrynek 6 - Jeżyce/Ogrody**

Szósty subrynek rozpościera się na obszarze dzielnic Jeżyce oraz wschodniej części Ogrodów (Ryc. 4.20). Pokrywa on powierzchnię 368 ha, z czego 235 ha stanowią obszary mieszkalne (Tab. 4.3). Charakteryzuje się podobną strukturą zabudowy jak

subrynek Łazarza. Jego główną oś stanowi ulica Dąbrowskiego. We wschodniej części subryнку Jeżyce/Ogrody (bliżej centrum) dominuje zwarta zabudowa kamieni-cowa, średniej wysokości, zaś im dalej na zachód, tym więcej budynków niskich, jednorodzinnych charakteryzujących się większym rozproszeniem.



RYC. 4.20: Zasięg występowania subryнку 6 - Jeżyce/Ogrody w ob-szarze miasta Poznania.

Podobnie jak subrynek Łazarz charakteryzuje się wysokim udziałem niskich (~9,7%, Ryc. 4.14), średnich (~9,2%, Ryc. 4.14) oraz wysokich budynków (~0,7%, Ryc. 4.14). Oba obszary znajdują się w centrum miasta, co tłumaczy silnie zantropogenizowany teren. Tendencja ta dotyczy również pokrycia terenu drogami i placami gruntowymi (najwyższy udział ze wszystkich subrynków ~2,8%), dróg i placów utwardzonych (~16,9%, Ryc. 4.14) i torowisk (~3,9%, Ryc. 4.14).

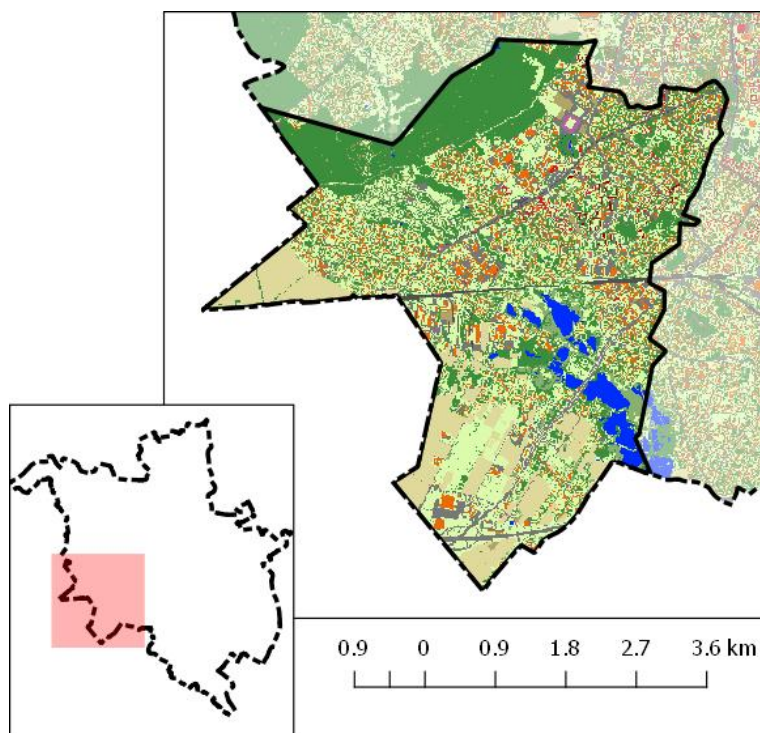
Elementy przyrody ożywionej w tym subryнку (tak jak w subryнку 5) zajmują stosunkowo mało miejsca. Roślinność trawiasta pokrywa ~29,0% terenu, a krzewy niecały 1,0% (Ryc. 4.14). W odróżnieniu od 5 subryнку posiada on lepszą dostępność do obszarów naturalnych w postaci Parku Sołackiego oraz jeziora Rusałka. Znajduje się tu więcej drzew (~24,4%, Ryc. 4.14) i zbiorników wodnych (~1,9%, Ryc. 4.14) - głównie jezioro Rusałka oraz fragmenty stawów w Parku Sołackim.

### Subrynek 7 - Junikowo

Siódmy subrynek obejmuje dzielnice Junikowo, Grunwald Południe, osiedle Kwiatowe, Fabianowo-Kotowo i zachodnią część osiedla Górczyn (Ryc. 4.21). Po-siada mieszaną zabudowę: blokową w centrum obszaru i jednorodzinną w pozo-stałej części. Na północy graniczy z lasem Marcelińskim, zaś w południowej części obejmuje park Szachty.

W obrębie siódmego subryнку zanotowano zaledwie 544 transakcje kupna/sprzedaży nieruchomości, co plasuje go na przedostatnim miejscu pod

względem liczby transakcji (Tab. 4.3). Z tych, ponad 480 miało miejsce w północnej części subryнку w obszarze osiedla Grunwald Południe (Ryc. 3.3).



RYC. 4.21: Zasięg występowania subryнку 7 - Junikowo w obszarze miasta Poznania.

Obszar tego subryнку posiada znaczną, ponad dziewięciokrotną przewagę powierzchni terenu pokrytego budynkami niskimi (~7,4% pokrycia terenu, Ryc. 4.14) nad wyższymi budynkami (~0,8%, Ryc. 4.14).

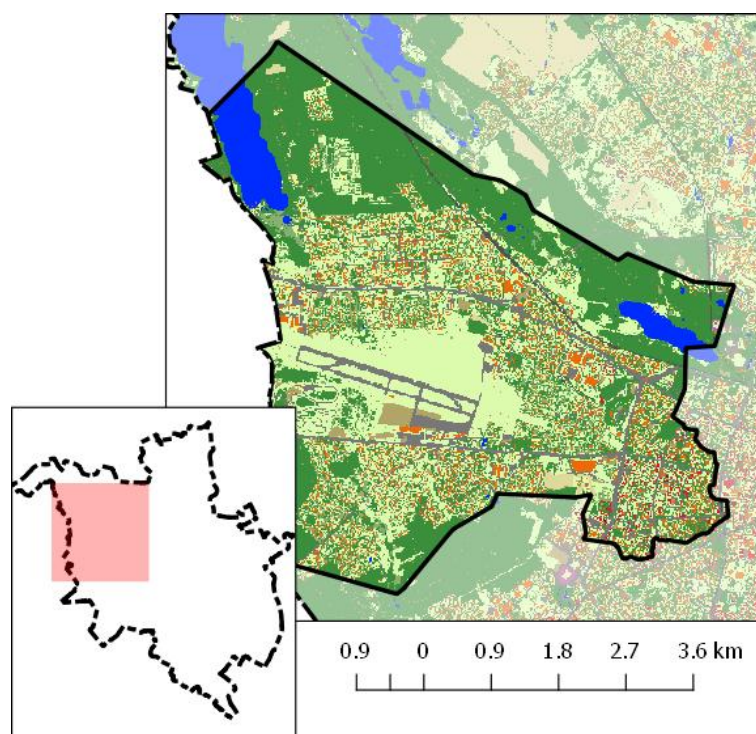
Przyrodniczo subrynek 7 charakteryzuje się dość wysokim udziałem roślinności krzewiastej (~4,0%, Ryc. 4.14) oraz stosunkowo wysokim udziałem obszarów wodnych (~2,8%, Ryc. 4.14) zwłaszcza stawów w parku Szachty. W zakresie pozostałych klas pokrycia terenu nie wykazuje szczególnych odstępstw od średnich wartości.

#### **Subrynek 8 - Ławica**

Subrynek nr 8 swym obszarze obejmuje dzielnice Ławica, Wola, Krzyżowniki-Smochowice i Grunwald Północ. Mimo stosunkowo dużej powierzchni 2 983 ha (Tab. 4.3) znaczna jego część zajęta jest przez lotnisko Ławica (Ryc. 4.22), co wpływa na niski udział gruntów ornych w pokryciu terenu (~0,5%, Ryc. 4.14) i jednocześnie większy roślinności trawiastej (~35,4%, Ryc. 4.14). Na jego terenie w analizowanym okresie miało miejsce ok. 650 transakcji (Tab. 4.3), z czego większość skoncentrowana była we wschodniej części, bliżej centrum. Aż 550 transakcji miało miejsce tylko na obszarze dwóch osiedli: Grunwald Południe oraz Grunwald Północ.

Obszar ten jest stosunkowo mało zabudowany (zwłaszcza w zachodniej części). Zaledwie ~6,4% (Ryc. 4.14) terenu stanowią budynki, z czego większość (~5,7%, Ryc. 4.14) budynki niskie. Dróg utwardzonych (~8,2%, Ryc. 4.14) jest czterokrotnie mniej niż gruntowych, które koncentrują się wśród dużych powierzchniowo ogródków działkowych na południe od toru samochodowego w zachodniej części subryнку.





RYC. 4.22: Zasięg występowania subryнку 8 - Ławica w obszarze miasta Poznania.

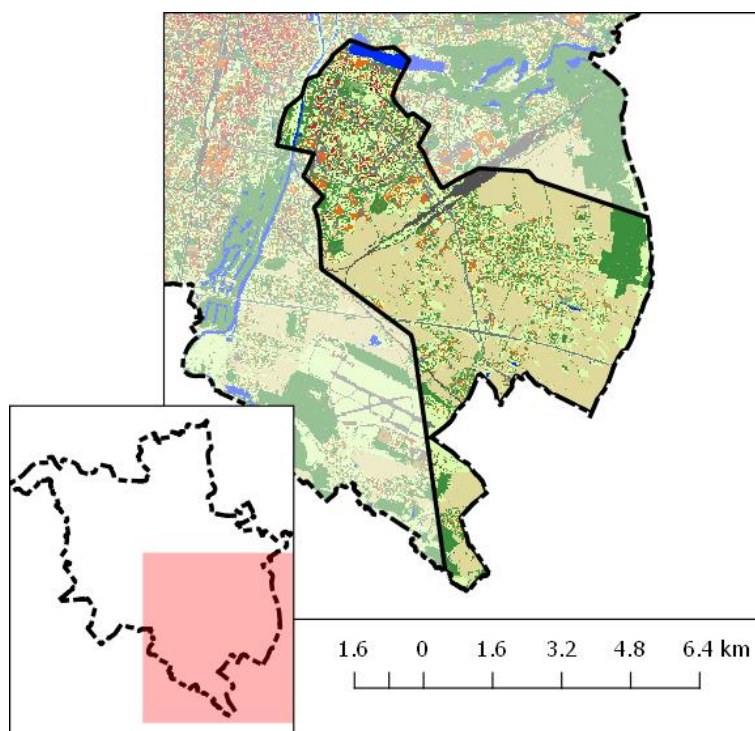
Ponieważ w obrębie tego subryńku znajduje się spora część lasu Marcelińskiego udział drzew w pokryciu terenu posiada drugą najwyższą wartość w mieście (~39,4%, Ryc. 4.14). Subrynek sięga na północ aż do jeziora Kierskiego, w związku z czym posiada bardzo wysoki udział obszarów wodnych (~4,2%, Ryc. 4.14), na które składa się część wspomnianego jeziora Kierskiego oraz większa część jeziora Rusalka.

#### Subrynek 9 - Nowe Miasto

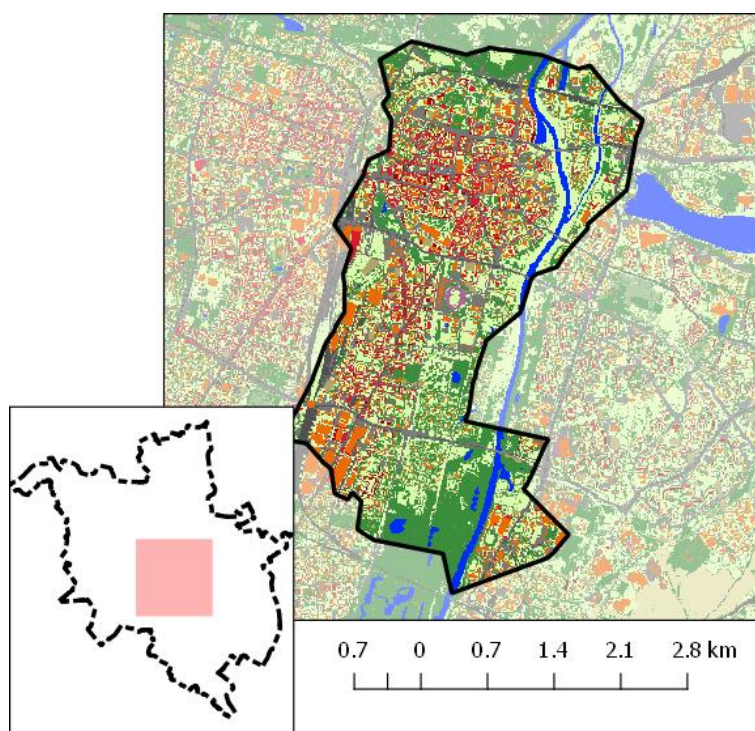
Dziewiąty subrynek zajmuje powierzchnię 4 185 ha o bardzo zróżnicowanej zabudowie. W części bliższej centrum obejmuje on osiedla blokowe Rataje oraz Żegrze. Druga część stanowi zabudowę jednorodzinną w osiedlu Szczepankowo - Spławie - Krzesinki oraz Krzesiny-Pokrzywno-Garaszewo (Ryc. 4.23). Wschodnia część (o zabudowie jednorodzinnej) posiada niewiele (4) transakcji kupna-sprzedaży nieruchomości (Ryc. 3.3).

Osiedla Rataje oraz Żegrze zabudowane zostały budynkami z tzw. „wielkiej płyty” na przełomie lat 70. i 80. XX wieku. Z tego też względu mieszkają tam w dużej mierze osoby starsze (powyżej 65 roku, zob. Basarbowicz i in., 2015). Pod tym względem odmienny charakter ma osiedle Szczepankowo-Spławie-Krzesinki, gdzie relatywnie względem miasta znajduje się większa koncentracja osób młodszych w wieku do lat 14 (Basarbowicz i in., 2015).

Subrynek dziewiąty posiada jeden z niższych udziałów budynków w pokryciu terenu (~4,9%) przy jednocześnie najwyższym udziale gruntów ornych (~37,5%). Mając na uwadze tendencje opisane w rozdziale 4 (na stronie 61) można by spodziewać się, że teren ten powinien być intensywnie zabudowywany, choć inne czynniki, takie jak odcięcie od miasta przez tory kolejowe mogą obniżać atrakcyjność tego miejsca, o czym więcej w rozdziałach 6 i 7.



RYC. 4.23: Zasięg występowania subryнку 9 - Nowe Miasto w obrębie miasta Poznania.



RYC. 4.24: Zasięg występowania subryнку 10 - śródmieście w obrębie miasta Poznania.

**Subrynek 10 - Śródmieście**

Dziesiąty subrynek obejmuje ściśle centrum - osiedla Stare Miasto, Wilkę oraz część Ostrowa Tumskiego (Ryc. 4.24). Charakteryzuje się przewagą zabudowy kamienicowej o budynkach do 6 kondygnacji. Na północy graniczy z parkiem Cyta-  
dela, na wschodzie z Wartą, a na zachodzie z torami kolejowymi.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy krajobraz miasta Poznania nie posiada homogenicznej struktury przestrzennej. Charakterystyczne kliny zieleni, gradientowe zmiany pokrycia i użytkowania terenu oraz zróżnicowana dostępność do ważnych obiektów i regionów miasta mogą istotnie wpływać na przestrzenne zróżnicowanie atrakcyjności obszarów zabudowy mieszkalnej.

Zmienność przestrzenna nie jest powiązana z dynamiczną zmianą w czasie objętym analizą. Jedyne obszary, gdzie użytkowanie terenów zabudowanych uległo przekształceniu w latach 2006 - 2012 znajduje się na osiedlu Podolany, w obrębie którego miało miejsce w badanym okresie zaledwie 51 transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości.

## Rozdział 5

# Metodyka analizy wpływu krajobrazu na atrakcyjność miejsca zamieszkania

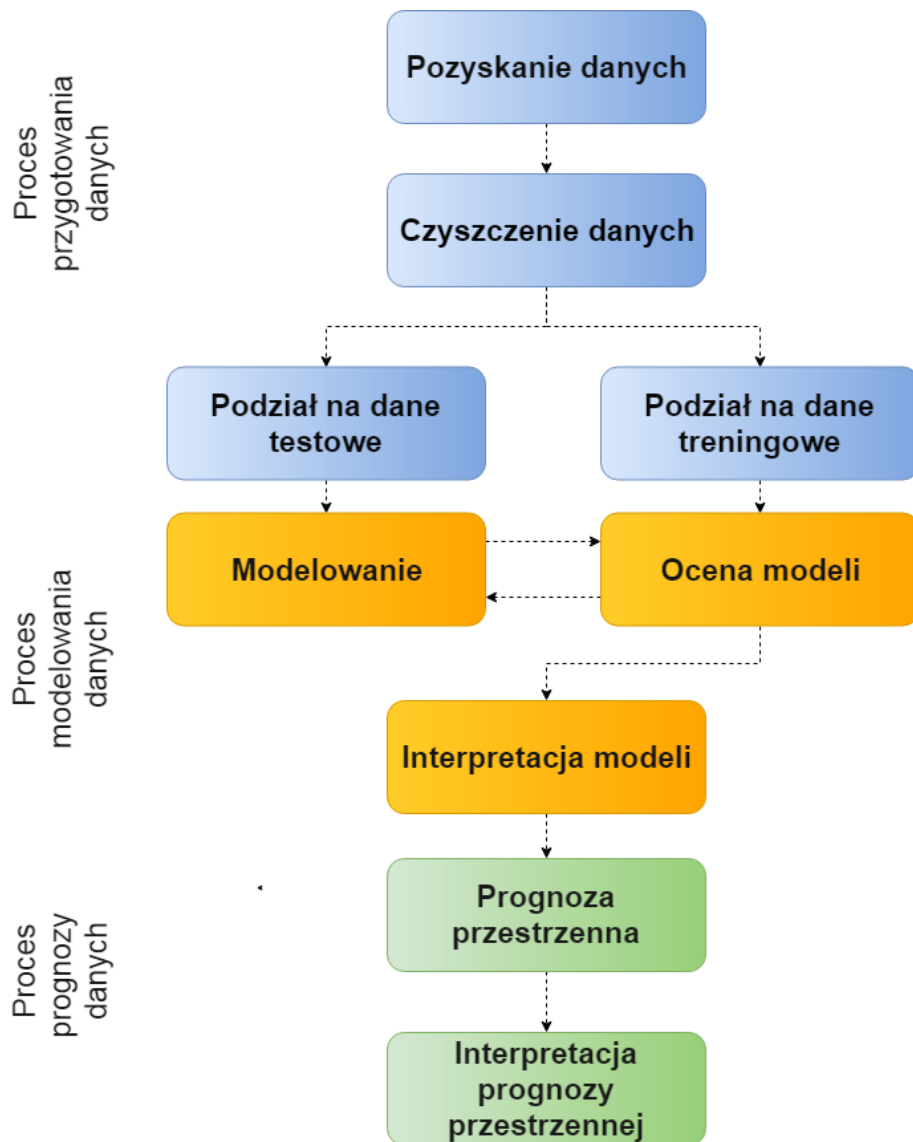
Z szeregu metod służących waloryzacji przestrzeni (Rozdział 2) wykorzystano modelowanie hedoniczne jako metodę monetarnej wyceny wpływu poszczególnych dóbr - elementów krajobrazu - na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej (Rozdział 1). Metoda ta dostarcza jednej z bardziej zobiektywizowanych informacji na temat wyceny ekonomicznej poszczególnych komponentów wpływających na cenę nieruchomości, a tym samym jakość i atrakcyjność miejsca zamieszkania (D'Acci, 2014). Poniżej przedstawiono zastosowane w pracy metody oparte o modelowanie hedoniczne.

### 5.1. Schemat postępowania badawczego

Diagram zaprezentowany na rycinie 5.1 ukazuje ogólny zrealizowany w pracy schemat postępowania badawczego. Składa się on z trzech głównych procesów: (1) selekcji i przygotowania danych, (2) utworzenia modeli predykcyjnych oraz (3) prognozy przestrzennej w celu waloryzacji krajobrazu Poznania, to jest przestrzennej prognozy jakości miejsca zamieszkania (Ryc. 5.2). Zarówno podczas etapu modelowania jak i prognozowania następuje interpretacja uzyskanych wyników, która w przypadku modelowania dotyczy wykazanych relacji między zmiennymi zależnymi, a niezależną, zaś w przypadku prognoz odnosi się do charakterystyki przestrzennej heterogeniczności atrakcyjności zabudowy mieszkalnej.

W celu znalezienia optymalnej metody waloryzacji krajobrazu miejskiej zabudowy mieszkalnej opartej o modelowanie hedoniczne zastosowane zostaną podejścia z użyciem regresji liniowej, zgeneralizowanego modelu addytywnego oraz modelu lasów losowych. W procesie modelowania danych przeprowadzono modelowanie globalne (holistyczne) dla całego miasta oraz utworzono odrębne modele dla każdego z subrynków (Ryc. 5.2). Przeprowadzona w ten sposób procedura służy wykryciu, czy istnieją ogólne tendencje dla całego obszaru, a następnie pozwala porównać, czy podział na mniejsze subregiony poprawia możliwości predykcyjne modelu. Pozwala ona również zweryfikować, czy czynniki, istotne w modelowaniu atrakcyjności wewnątrz subrynków, różnią się znacząco od tych wpływających na atrakcyjność krajobrazu w przestrzeni miasta. Zgodnie z obecną literaturą (Xiao, 2012) spodziewane jest uzyskanie poprawy mocy eksplanacyjnej oraz predykcyjnej modeli w wydzielonych subrynkach.

Każdy z modeli oszacowany został poprzez krosvalidację z użyciem 80% danych do trenowania modelu oraz pozostałych 20% do ich testowania. Dzięki zastosowaniu krosvalidacji ograniczono nadmierne dopasowanie modelu do danych poprawiając jednocześnie wyniki predykcji oraz miary jakości danych.



RYC. 5.1: Ogólny schemat badawczy przyjęty w niniejszej pracy, składający się z trzech głównych procesów: przygotowania, modelowania i prognozowania danych



	Regresja liniowa	Zgeneralizowany model addytywny	Lasy losowe
Model holistyczny	Proces modelowania danych	Proces modelowania danych	Proces modelowania danych
Model subrynków	Proces modelowania danych	Proces modelowania danych	Proces modelowania danych

RYC. 5.2: Proces modelowania danych podzielony na 6 podejść - po jednym dla 3 form funkcyjnych (algorytmów uczenia maszynowego) i 2 zasięgów (modelu holistycznego dla całego miasta oraz odrębnych modeli dla każdego z subrynków).

## 5.2. Metodyka wyboru zmiennych niezależnych

Dotychczasowe badania oparte o modelowanie hedoniczne wykorzystywały przeważnie paręnaście zmiennych mających potencjalnie wpływ na ceny nieruchomości. Sytuacja taka podyktowana jest szeregiem problemów związanych z wyborem odpowiednich czynników, które szerzej zostały opisane w rozdziale 2.3, a polegają one przede wszystkim na współliniowości zmiennych i formie analizowanej dostępności.

Dla czytelności pracy warto podzielić uwzględniane zmienne niezależne na odpowiednie kategorie. W literaturze naukowej istnieją różne klasyfikacje czynników wpływających na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości. Zmienne przestrzenne dzielone są czasem na cechy środowiskowe lub społeczno-ekonomiczne (Schlöpfer i in., 2015), choć w większości opracowań dominuje podział na cechy lokalizacji oraz cechy sąsiedztwa (Tse, 2002). W kategorii lokalizacji mieszczą się zarówno cechy wynikające bezpośrednio z położenia geograficznego (np. nachylenie terenu) jak i nawiązujące do relacji względem innych obiektów opisywanych miarą dostępności.

Cechy lokalizacji są zbiorem charakterystyk wynikających z lokalizacji nieruchomości w konkretnym miejscu, takie jak wysokość n.p.m., jakość powietrza, kierunek nachylenia czy ekspozycja terenu. Do tej grupy zaliczyć też można bardzo obszerny zbiór dostępności do innych miejsc.

Nieraz trudno jest rozróżnić czy daną cechę zaliczyć do kategorii lokalizacji, czy do sąsiedztwa. Obszary wodne można przykładowo analizować w kontekście odległości do nich (Muller, 2009), ale również występowania w najbliższym sąsiedztwie lub w kontekście widoczności (Yamagata i in., 2016). Podobnie zadrzewienia (lasy i parki) mogą być analizowane w kontekście czasu dojazdu do lasu (Kong i in., 2007), jak również udziału roślinności rozproszonej w okolicy miejsca zamieszkania (Czembrowski i in., 2016). Także inne czynniki przestrzenne mogą być powiązane z różnymi kategoriami: wysokość nad poziomem morza jak i kierunek ekspozycji terenu wynikają bezpośrednio z lokalizacji, ale również wpływają na widok z okna, który może być traktowany w kategoriach najbliższego sąsiedztwa.

Podobne problemy wynikają przy podziale elementów krajobrazu na strukturalne i funkcyjne. Czas dotarcia do centrum ma charakter *stricte* utylitarny, ale wynikający z infrastruktury i istniejących barier (jak np. rzeka). Łatwiejsze już wydaje się rozróżnienie czynników ze względu na ich charakter jako środowiskowe i społeczno-ekonomiczne, choć i tu można mieć wątpliwości, czy odległość od kominów stanowi bardziej pośrednią miarę dostępności miejsc pracy, czy jakości powietrza.

Podział ze względu na pochodzenie obiektów nie oddaje często realnego wpływu wywieranego na otoczenie. Czy parki zasadzone i ukształtowane przez człowieka będą miały odmienny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania niż obecność lasów? W obu przypadkach są to obiekty powierzchniowe o dużym udziale drzew różniące się nieco sposobem zagospodarowania, ale ich funkcja rekreacyjno-użytkowa jest bardzo zbliżona. Ze względu na wymienione wyżej powody, prezentowane w niniejszej pracy elementy struktury krajobrazu zostały podzielone na grupy:

- cech strukturalnych nieruchomości jak np. jej powierzchnia (w niniejszej pracy, dla poprawienia czytelności w tabelach i rycinach poprzedzane przedrostkiem „nier\_”, zob. załącznik A),
- dostępność/odległość do innych obiektów (poprzedzane przedrostkiem „dost\_”),
- dostępności pośredniej - *space syntax* - szerzej opisanej w rozdziale 3 (poprzedzane przedrostkiem „ssx\_”),
- lokalizacji odnoszącej się do cech tego konkretnego miejsca (jak np. kierunek nachylenia terenu (poprzedzane przedrostkiem „lok\_”),
- sąsiedztwa, określającego cechy zmierzone w najbliższej okolicy, jak np. udział drzew w promieniu 50 m (poprzedzane przedrostkiem „sasiedz\_”).

W załączniku A podano pełną listę czynników uwzględnianych w modelowaniu wraz z kategorią, która informuje o aspekcie, w jakim jest brana pod uwagę w pracy (dostępność, lokalizacja, sąsiedztwo, cechy strukturalne nieruchomości, inne).

### 5.2.1. Wybór rodzaju dostępności

Jeśli weźmiemy pod uwagę tylko jeden czynnik (a konkretnie dostępność określonego pojedynczego obiektu w przestrzeni miejskiej) mogący mieć potencjalny wpływ na ceny nieruchomości (a przez to na atrakcyjność przestrzeni życia), np. odległość od centrum miasta, na samym początku procedury dysponujemy aż 8 podstawowymi wariantami: odległością euklidesową, czasem dotarcia pieszo, czasem dotarcia samochodem, czasem dotarcia komunikacją publiczną oraz logarytmami wszystkich 4 wariantów, jak również potencjalnymi innymi transformacjami.

Sprawdzenie wszystkich kombinacji wszystkich zmiennych, w celu znalezienia optymalnego modelu wymagałoby każdorazowo przeprowadzenia olbrzymiej liczby modeli. Posiadając zaledwie 4 zmienne liczba możliwych modeli to 4!, czyli 24 wariacje. Posiadając 50 zmiennych, uwzględnionych w niniejszej pracy, byłaby to liczba posiadająca 64 cyfry. Dodając do tego wspomnianych 8 wariantów mamy jeszcze 8 krotnie większą liczbę.

W dalszej części pracy zmienne dotyczące dostępności prezentowane na rycinach będą posiadały nazwy z przyrostkiem informującym, czy zmienna została poddana logarytmizacji („\_log”) oraz informacji na temat rodzaju ujętej dostępności:

- odległość euklidesowa: „\_euclid”,
- czas dojścia pieszo: „\_pieszo”,
- czas dojazdu samochodem: „\_samochod”,
- czas dojazdu komunikacją publiczną: „\_kom.pub”.

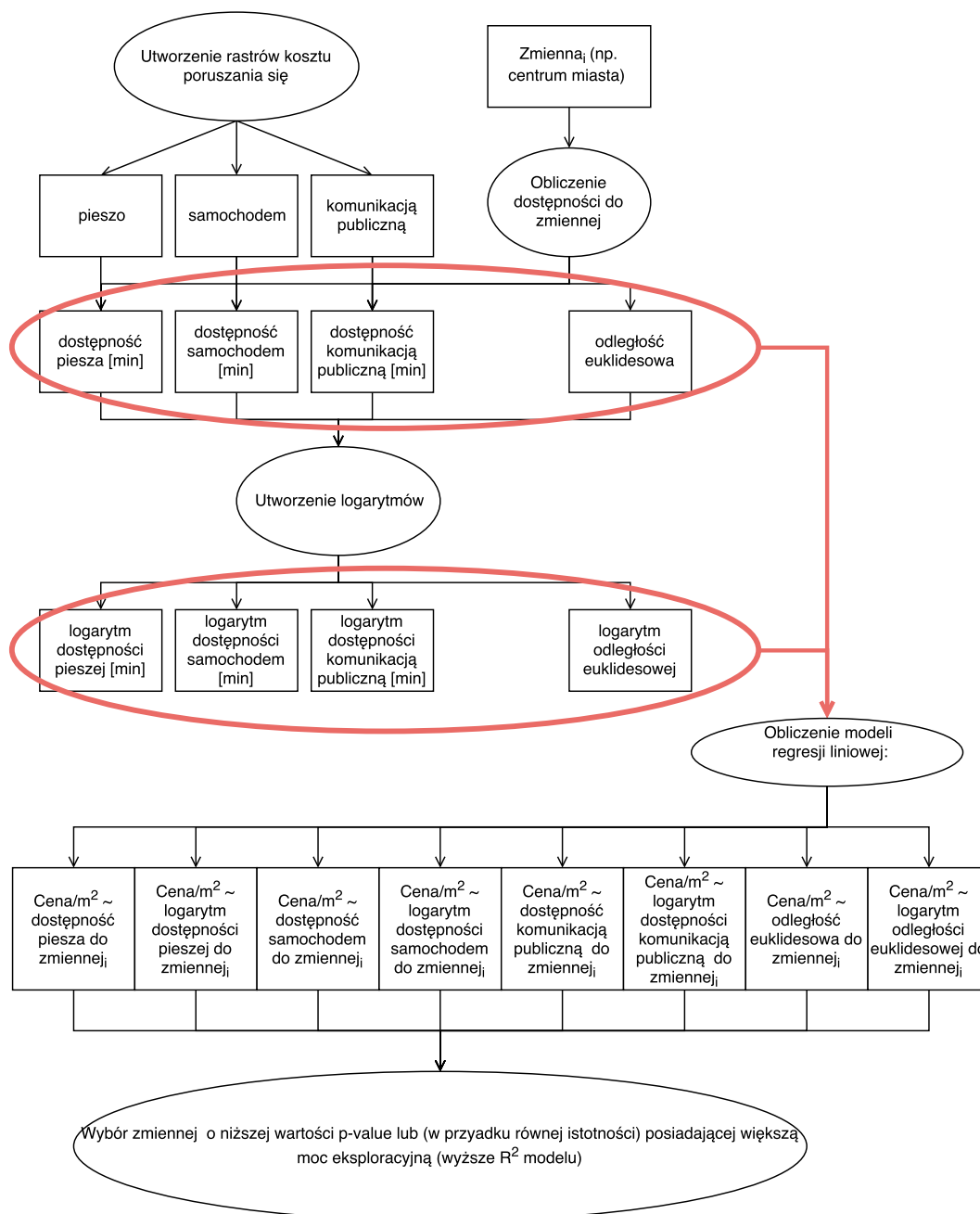
W celu poprawienia interpretacji zmiennych dotyczących dostępności na wszystkich wykresach użyto ujemnych wartości odległości (dostępności pomnożonej razy -1), dzięki czemu dodatni wpływ zmiennej oznacza zbliżania się do obiektu, a nie oddalanie się od niego. Dzięki temu zabiegowi zmienne różnych kategorii są lepiej porównywalne w kontekście wzrostu natężenia danego zjawiska, intensywności i wpływu obiektu na okolice.

### 5.2.2. Wielkość sąsiedztwa

Podobne problemy jak z parametrem odległości/dostępności do wybranych obiektów pojawiają się w przypadku parametru ‘wielkości sąsiedztwa’ nieruchomości. Trudno jest zdefiniować w sposób jednoznaczny ‘sąsiedztwo’. W niniejszej pracy rozumiane jest ono jako najbliższa okolica, choć pojęcie ‘bliskości’ (jak już wykazano w części dotyczącej pomiaru dostępności) samo w sobie może być rozumiane w niejednoznaczny sposób.

Sąsiedztwo przeważnie definiowane jest jako bufor odległości euklidesowej od nieruchomości, jednak w niektórych pracach ukazywane jest też jako obszar wyznaczony czasem przejścia pieszo (lub za pomocą innego środka komunikacji) od nieruchomości. Potencjalnym sąsiedztwem może być również obszar widoczny z nieruchomości (zwłaszcza w kontekście determinant widokowych lub widoku z okna). Mimo wszystko, przy wyznaczaniu granic sąsiedztwa, przeważa podejście odległości euklidesowej ze względu na wygodę obliczeń i niewielki wpływ różnic między tak definiowanymi sąsiedztwami.

W niniejszej pracy promień sąsiedztwa ustalony został na podstawie przeglądu literatury (Tse, 2002; Roos-Klein Lankhorst i in., 2011). Ponieważ jednak we wcześniejszych pracach zauważyć można pewne zróżnicowanie wielkości promienia, tak i w tym przypadku zmienne traktowane w relacji do sąsiedztwa obliczono dla 4 różnych zasięgów (50, 100, 250 i 500 m), a następnie do modelowania wybrano te, które tłumaczyły najwięcej zmienności cen m<sup>2</sup> nieruchomości. W dalszej części pracy zmienne dotyczące sąsiedztwa prezentowane na rycinach będą posiadały nazwy z przyrostkiem informującym o wielkości sąsiedztwa („\_50”, „\_100”, „\_250”, „\_500”).



RYC. 5.3: Schemat doboru reprezentacji zmiennych

W zaistniałej sytuacji konieczne jest opracowanie metodyki wyboru zmiennych, która pozwoliłaby skrócić czas opracowywania modeli. Metodykę wyboru wariantu zmiennej do przeprowadzenia modelowania przedstawiono na rycinie 5.3.

Procedura modelowania globalnego rynku nieruchomości, tak jak modelowania poszczególnych subrynków każdorazowo zaczyna się od wstępnej selekcji zmiennych. Każda zmienna mierzona dostępnością analizowana jest samodzielnie pod kątem wpływu na cenę  $m^2$  nieruchomości. Tworzone jest 8 modeli regresji liniowej w oparciu o 4 typy dostępności oraz transformację logarytmiczną. Z 8 modeli do dalszej selekcji zmiennych brana jest tylko ta reprezentacja zmiennej, która była istotna statystycznie oraz tłumaczyła najwięcej zmienności ceny  $m^2$  nieruchomości. Dzięki temu zabiegowi do dalszego kroku wyboru zmiennych przechodzi tylko jedna forma reprezentacji danej zmiennej.

Podobną procedurę przechodzą zmienne charakteryzujące sąsiedztwo. Tylko to sąsiedztwo jest brane do dalszej analizy, które tłumaczy najwięcej zmienności ceny.

### 5.2.3. Wybór zmiennych do modeli holistycznych

Na potrzeby modelowania holistycznego wewnątrz miasta zastosowana została metoda przedstawiona na schemacie 5.3. W następnym kroku utworzony został model regresji liniowej z użyciem regresji krokowej wstecznej, która polega na stopniowym usuwaniu zmiennych silnie skorelowanych i nie wnoszących do modelu istotnej wartości dodanej. Zmienne usuwane są z uwzględnieniem kryterium informacyjnego Akaikego. Tak wybrane zmienne zostały wykorzystane do utworzenia wszystkich trzech modeli holistycznych (regresji liniowej, zgeneralizowanych modeli addytywnych oraz lasów losowych).

### 5.2.4. Wybór zmiennych do modeli subrynkowych

W przypadku modeli subrynków również metoda wyboru zmiennych oparta jest o przedstawiony schemat 5.3, jednak w celu poprawy jakości modeli konieczna jest ekspercka weryfikacja. Wynika to z faktu, że wśród zmiennych mogą znaleźć się nieistotne z punktu widzenia danego subryнку - przykładowo wpływ logarytmu odległości od katedry dla subryнку znajdującego się na drugim końcu miasta. Zdarzyć się może również, że zostaną uwzględnione równocześnie wpływ odległości od centrum i odległości od rynku, dla których oszacowane wartości współczynnika kierunkowego będą się nawzajem znosić. W związku z powyższym w oparciu o wiedzę ekspercką zmienne brane do modelowania atrakcyjności zabudowy mieszkalnej wewnątrz subrynków zostają okrojone z pierwotnie wybranych zmiennych niezależnych tak, aby zmniejszyć ich liczbę oraz poprawić (lub przynajmniej utrzymać na podobnym poziomie) współczynnik determinacji  $R^2$ . Tak wybrane zmienne zostają następnie wykorzystane w zgeneralizowanym modelowaniu addytywnym oraz lasów losowych.

### 5.3. Modelowanie

Istnieje wiele metod waloryzacji przestrzeni, jednak w niniejszej pracy zastosowane zostało modelowanie hedoniczne z uwzględnieniem trzech modeli uczenia maszynowego: regresji liniowej, zgeneralizowanego modelowania addytywnego oraz lasów losowych. Pierwsze dwa wykorzystywane są powszechnie (Mason i in., 1996; Kestens i in., 2002; Tse, 2002; Clapp, 2003; Ottensmann i in., 2008; Helbich i in., 2013a; Yamagata i in., 2016) w modelowaniu hedonicznym cen nieruchomości, które mogą stanowić przybliżoną wartość atrakcyjności miejsca zamieszkania, natomiast model lasów losowych wykorzystywany jest zazwyczaj w metodzie wartości lokalizacji (*positional value*, zob. rozdział 1, sekcja 2).

#### 5.3.1. Regresja liniowa

Model liniowej regresji stanowi jeden z prostszych konstrukcyjnie modeli, w których zmienna zależna ( $y$ ) jest wynikiem kombinacji funkcji liniowych oszacowanych na podstawie zmiennych niezależnych (równanie 5.1). Model ten wymaga oszacowania stałej w postaci wyrazu wolnego ( $b$ ) oraz parametrów kierunkowych  $A$  dla każdego wektora zmiennych niezależnych  $X$ . Wyraz wolny oznacza całkowite przesunięcie funkcji względem osi  $y$ . Jakość modelu można określić na podstawie współczynnika determinacji  $R^2$ , który określa jaki procent zmienności danych jest wytłumaczony istniejącym modelem.

$$y = A * X + b \quad (5.1)$$

Do oszacowania parametrów funkcji liniowych stosowana jest metoda najmniejszych kwadratów (wzór 5.2, wzór 5.3, zob. Biecek i in., 2011), której celem jest dopasowanie do zbioru danych szeregu funkcji liniowych o jak najmniejszym sumarycznym błędzie kwadratowym.

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 \rightarrow \min \quad (5.2)$$

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \alpha_0 - \alpha_1 * x_{1i})^2 \rightarrow \min \quad (5.3)$$

Modele regresji liniowej, jak już wspomniano wyżej, są najprostszą metodą modelowania cen  $m^2$  nieruchomości. Modelowanie to jest szybkie i efektywne. Wartości zmiennych niezależnych można, dzięki prostocie przeliczeń, transformować zamieniając model w semi-logarytmiczny (kiedy część zmiennych poddana jest logarytmizacji) lub logarytmiczne (gdy wszystkie zmienne ulegają transformacji). Dopuszczalne są również inne transformacje jak Box-Cox, lub potęgowe, jednak nie są one popularne w badaniach hedonicznych. Większość prac porównująca modele z użyciem transformacji i bez wykazuje przewagę modeli logarytmicznych lub semi-logarytmicznych (Nilsson, 2013; Cebula, 2009), co wynika z faktu, że część elementów krajobrazu ma silny wpływ lokalny na ceny nieruchomości, ale wraz z odległością ich istotność szybko maleje (np. lokalizacja w pobliżu parku (Helbich i in., 2013c)). Ponadto, transformacja zmiennych stanowi skuteczny sposób radzenia sobie ze współliniowością zmiennych.

### 5.3.2. Zgeneralizowane modelowanie addytywne

Zgeneralizowane modele addytywne (GAM) mają przewagę nad modelami regresji liniowej wynikającą z nieparametrycznego charakteru funkcji określającej relację między zmienną zależną i niezależną. Oznacza to, że funkcje te oszacowane są jako wygładzone krzywe, dzięki czemu nie posiadają wymuszonej relacji liniowej, logarytmicznej, bądź innej z góry określonej przez twórcę modelu.

Modele GAM pozwalają wychwycić nieliniowe relacje występujące w danych, jednakże ich silna strona stanowi też o słabości do ekstrapolacji służącej prognozowaniu przestrzennemu. Funkcja obliczona w zakresie danych testowych może znacząco przeszacowywać wartości poza tym zakresem, gdzie charakter się zmienia, a nachylenie funkcji łagodnieje i osiąga stałą wartość (w przypadku cen nieruchomości można by interpretować, jako wpływ zmiennej  $x$  występujący tylko do określonej odległości). Ponieważ funkcja została opracowana tylko w znanym zakresie danych, każda ekstrapolacja w oparciu o tę funkcję będzie znacząco zawyżać wyniki.

### 5.3.3. Lasy losowe

Lasy losowe stanowią model uczenia maszynowego bazujący na wielokrotnych drzewach decyzyjnych, których budowa oparta jest o tzw. agregację bootstrapową ('*bagging*'), która polega na wielokrotnym losowaniu ze zwracaniem próbki danych oraz próbki zmiennych i budowaniu drzew decyzyjnych w oparciu o tak ograniczone zbiory danych (Kuhn i in., 2013). Drzewa decyzyjne składają się z tzw. korzenia - pierwszego węzła dzielącego zbiór na dwie części, gałęzi - krawędzi między węzłami oraz liści, to jest końcowych węzłów stanowiących pojedynczą klasę lub wartość (Liaw i in., 2002).

W wyniku uśrednienia wartości uzyskanych dla wielu drzew możliwe jest uzyskanie predykcji odporniejszej na nadmierne dopasowanie do zbioru treningowego (Kuhn i in., 2013). Dużą zaletą drzew decyzyjnych w niniejszej pracy jest jej odporność na przeszacowanie wartości poza zakres zmiennych niezależnych użytych do wytrenowania modelu (Szeliga, 2017). W przypadku modelowania cen nieruchomości dostajemy gwarancję, że wartość prognozowana nie będzie większa niż maksymalna wartość ze zbioru treningowego.

Kolejną zaletą lasów losowych jest ich silna zdolność predykcyjna i moc eksplanacyjna (Szeliga, 2017). Przykładowe pojedyncze drzewo decyzyjne ukazane zostało w rozdziale 4.4.2. Jest ono drzewem klasyfikującym, ukazującym, które zmienne analizowanego zbioru pozwalają najłatwiej rozgraniczyć poszczególne subrynki. W przypadku lasów losowych utworzona jest znaczna liczba pojedynczych drzew, a odpowiednia klasyfikacja następuje w wyniku głosowania większościowego. Model lasów losowych można użyć również w analizie regresji, tak jak ma to miejsce w modelowaniu cen  $m^2$  nieruchomości. W takiej sytuacji wartość prognozowana jest na podstawie uśrednienia wyników pojedynczych drzew decyzyjnych.

Dzięki zastosowaniu agregacji bootstrapowej możliwe jest również uzyskanie informacji o poziomie ważności danej zmiennej w modelowanym zjawisku. Im częściej dana zmienna jest bliżej korzenia, tym większe jest jej znaczenie w modelu. Informacja ta została wykorzystywana w pracy Yoo (2012) do wyboru zmiennych jako alternatywne podejście do regresji krokowej. Stanowi również istotne źródło wiedzy na temat głównych czynników wpływających na atrakcyjność krajobrazu.

Metoda drzew decyzyjnych nie jest pozbawiona wad. Pojedyncze drzewo decyzyjne konstruowane jest w taki sposób, że na początku szukana jest zmienna niezależna tłumacząca jak największą część wariancji zmiennej zależnej. W każdym kolejnym kroku poszukiwane są zmienne tłumaczące resztę, która nie została wcześniej wytłumaczona. Podejście to niweluje wpływ współliniowości zmiennych, jednak w przypadku prognoz przestrzennych może stanowić problem wówczas, gdy istnieje silna korelacja między zmiennymi w próbie. W przypadku Poznania, w zbiorze danych dotyczących transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości istnieje silna ujemna korelacja pomiędzy odległością euklidesową od centrum i od lasów (-0,75). Dzieje się tak, ponieważ większość transakcji zlokalizowanych jest pomiędzy centrum, a lasami znajdującymi się bliżej obrzeży miasta. W związku z zaistniałą sytuacją możemy otrzymać model o podobnej jakości dopasowania do próbki danych wykorzystując albo odległość od lasów, albo od centrum. Jednakże, prognozy przestrzenne, poza pierścieniem lasów, gdzie odległość od lasów będzie wzrastać wraz z odległością od centrum będą wówczas błędnie oszacowane. W przypadku zastosowania wielokrotnych drzew decyzyjnych (jak lasy losowe) w wyniku agregacji bootstrapowej zmienna o wyższym poziomie ważności będzie użyta jako priorytetowy predyktor, tym samym zwiększając prawdopodobieństwo znalezienia właściwych relacji.

Modele lasów losowych nie są powszechnie uznawane jako modele hedoniczne ponieważ jako drzewa decyzyjne mogą prognozować inną wartość ceny nieruchomości w zależności od swoistej kombinacji innych zmiennych. W większości prac modele lasów losowych wykorzystywane są albo do określenia wartości lokalizacji (Antipov i in., 2012), albo do wyboru zmiennych, które potem zostają wykorzystane w modelowaniu regresji liniowej (Yoo i in., 2012). Zdaniem autora możliwe jest przybliżenie wpływu zmiennej niezależnej na cenę nieruchomości przy założeniu, że wszystkie pozostałe zmienne pozostają na stałym poziomie. Możliwe jest ukazanie tej relacji poprzez określenie związku pomiędzy prognozowaną wartością ceny nieruchomości, a wartościami zmiennych niezależnych *ceteris paribus*<sup>1</sup>. Wymaga to wielokrotnego przetwarzania bazy danych, w której wszystkie zmienne z posiadanego zbioru danych zostają uśrednione, a jedyna zmienna, która faktycznie wykazuje zróżnicowanie jest tą, której wpływ na ceny nieruchomości chcemy w danym momencie zbadać.

## 5.4. Prognoza

Prognoza przestrzenna oparta jest o utworzone wcześniej modele regresji liniowej, zgeneralizowanych modeli addytywnych oraz lasów losowych. Na podstawie ustalonej relacji przemnożono odpowiednio wpływ poszczególnych czynników przechowywanych w bazie danych w postaci obrazów rastrowych o rozdzielczości 10 m i zsumowano ich całościowy wpływ dokonując przestrzennej prognozy wartości zabudowy mieszkalnej.

Wpływ krajobrazu na wartość nieruchomości oszacowany został jako różnica pomiędzy prognozowaną ceną dla danego miejsca, a medianą ceny m<sup>2</sup> nieruchomości w obszarze Poznania wynoszącą 5 060 zł. Do prognozy cen nieruchomości przyjęto stałe cechy strukturalne przeciętnego mieszkania: 3 izbowe mieszkanie o powierzchni 50 m<sup>2</sup> na pierwszej kondygnacji wybudowane w roku 2013.

<sup>1</sup>z łac. przy takich samych okolicznościach, czyli przy założeniu stałych pozostałych parametrów.



Prognozy przestrzenne charakteryzują się wysoką jakością predykcji tylko w obszarze objętym zasięgiem przestrzennym treningowej próbki danych, na podstawie której powstały modele. Oznacza to, że jeżeli transakcje nieruchomości miały miejsce w zasięgu 10 km od centrum, wszelkie predykcje powyżej tej odległości oparte są o ekstrapolację modeli (Szeliga, 2017). Zjawisko to doprowadza do znaczącego zawyżania lub zaniżania wartości w obszarach bez transakcji (3.3). W przypadku modeli regresji liniowych ekstrapolacja charakteryzuje się liniowym wzrostem lub spadkiem, jednak w przypadku modeli addytywnych gradient zmian może być znacznie większy generując skrajnie nierealne wartości cen nieruchomości (np. powyżej 30 tys. zł za m<sup>2</sup>). Z tego względu w celu dokonania waloryzacji zabudowy mieszkalnej w Poznaniu posłużono się dodatkowo modelem lasów losowych, który w wyniku prognozy nie uzyska wartości spoza zakresu treningowej próbki danych.

Prognozy przestrzenne, rozumiane jako waloryzacja krajobrazu, przedstawiono zarówno na podstawie modeli holistycznych jak i odrębnych modeli utworzonych dla każdego subryнку. Pełen zakres prognoz znajduje się na załączonej płycie DVD, natomiast w pracy ukazano tylko wybrane ryciny przedstawiające przestrzenne zróżnicowanie atrakcyjności zabudowy mieszkalnej.



## Rozdział 6

# Wpływ wybranych elementów krajobrazu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej

W niniejszym rozdziale zademonstrowane zostały wyniki modelowania zmiennej zależnej - ceny  $m^2$  nieruchomości z rynku wtórnego w latach 2008 - 2014 przez szereg zmiennych niezależnych charakteryzujących strukturę krajobrazu oraz cechy strukturalne samych nieruchomości. Interpretacji poddane zostały tylko wybrane elementy krajobrazowe. Podkreślić należy, że **wyniki te są rezultatem algorytmów uczenia maszynowego to jest ukazują wykazane na podstawie danych treningowych relacje. Nie ma gwarancji, że relacja ta przedstawia związki przyczynowo skutkowe**, np. spadek atrakcyjności miejsca zamieszkania wraz ze wzrostem odległości od posterunku policji nie musi koniecznie wynikać z dostępu do komisariatu, ale, przykładowo spadku poczucia bezpieczeństwa. Modele sugerują istnienie relacji, jednak nie ma pewności, czy nie wynikają one z ominiętych zmiennych, niewłaściwie zdefiniowanych relacji lub przypadkowej zbieżności i silnych korelacji między zmiennymi. Szczególnie trudno jest określić relację przyczynowo-skutkową w przypadku, gdy jedna lub więcej zmiennych jest ze sobą silnie skorelowanych (więcej o problemach modelowania hedonicznego w rozdziale 2.3.5 na stronie 30). Wszystkie wymienione w niniejszej pracy relacje są interpretacją wynikającą z modelu i interpretowane są w kontekście modelu z powyższymi założeniami, a więc nie stanowią jednoznacznej, pewnej odpowiedzi na wpływ poszczególnych zmiennych na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Mając to jednak na uwadze możliwa jest interpretacja wyników z uwzględnieniem znanych relacji w strukturze miasta. Osiągnięte wyniki pozwolą lepiej zrozumieć, jakie czynniki w przestrzeni, w sposób bezpośredni lub pośredni, kształtują ludzkie postrzeganie atrakcyjności miejsca zamieszkania wynikające z kształtowania się cen  $m^2$  mieszkań.

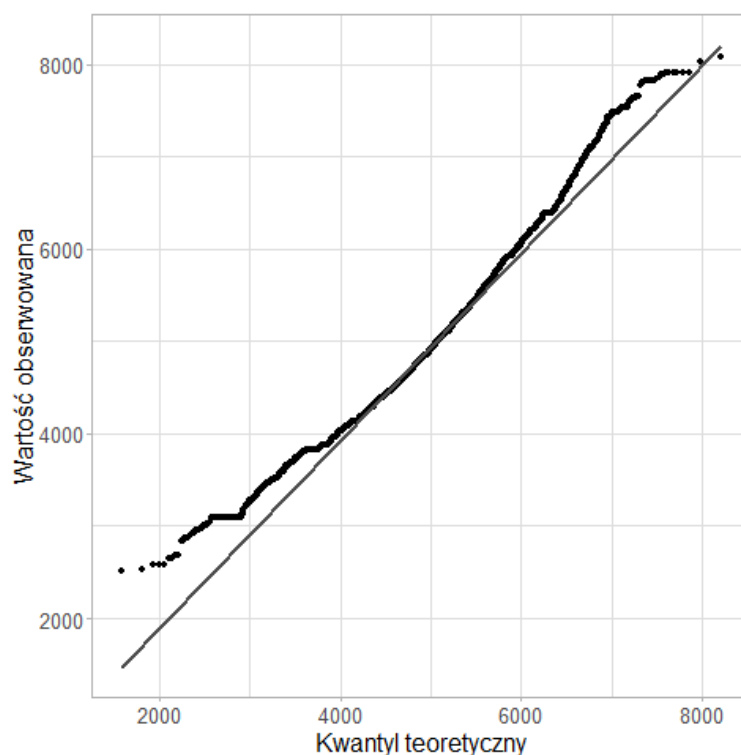
W celu oszacowania wpływu wybranych elementów krajobrazu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej w Poznaniu posłużono się modelami globalnymi (holistycznymi) oraz modelami subrynków. Pierwsze wskazują ogólne tendencje wykrywalne na tle całego miasta. Drugie pozwalają precyzyjniej ocenić atrakcyjność w poszczególnych lokalizacjach. Modele utworzone dla subrynków mogą ponadto uchwycić lokalne czynniki, które są pomijane w holistycznym modelu. Porównując oba poziomy hierarchiczne możliwe jest przeanalizowanie różnic pomiędzy globalnymi tendencjami, a lokalnymi potrzebami mieszkańców.

## 6.1. Holistyczne modelowanie hedoniczne atrakcyjności krajobrazu

### 6.1.1. Holistyczny model regresji liniowej

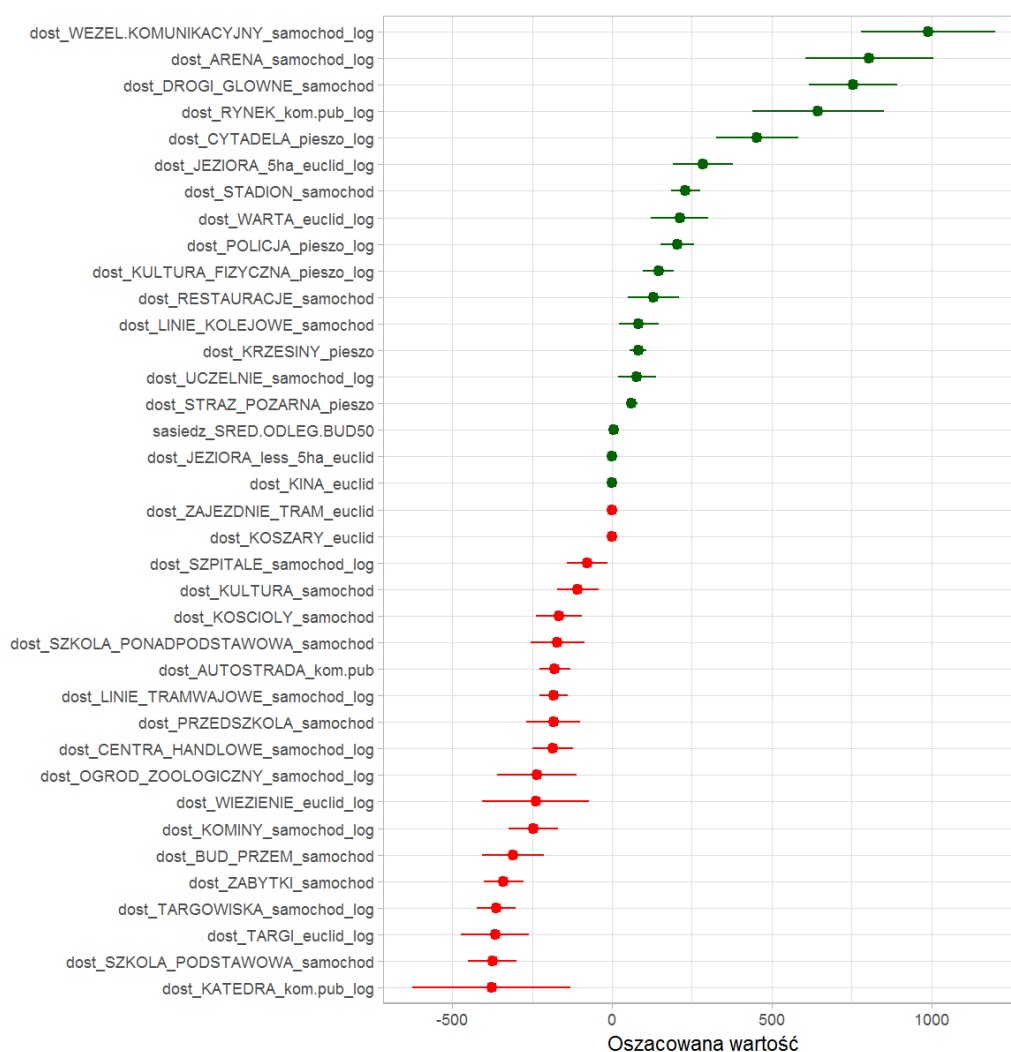
Pierwszym holistycznym modelem zastosowanym do oceny atrakcyjności zabudowy mieszkalnej w Poznaniu jest model semi-logarytmicznej regresji liniowej. Został opracowany z użyciem 64 zmiennych wybranych za pomocą regresji krokowej wstecznej. Obliczony na podstawie 10 784 transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości na rynku wtórnym posiada współczynnik determinacji  $R^2$  0,36, co oznacza, że tłumaczy 36% wariancji danych. Znaczna część tych zmiennych posiada charakter lokalny (logarytm odległości tłumaczy więcej zmienności danych).

Ponieważ cena m<sup>2</sup> nieruchomości w badanej próbie danych posiadała rozkład normalny, wartości prognozowane przez model również powinny charakteryzować się takim rozkładem. Jednakże na podstawie ryciny 6.1 zaobserwować można, że zarówno wartości niskie jak i wysokie pojawiają się częściej niż wynikałoby to z rozkładu normalnego, a więc wyniki prognozowane charakteryzują się rozkładem prawoskośnym. Można na tej podstawie oszacować, że model jest najbardziej rzetelny dla wartości pomiędzy punktami przegięcia między 4 500 a 6 000 zł oraz, że ma tendencje do przeszacowania wysokich i niedoszacowania niskich wartości prognozowanych.



RYC. 6.1: Wykres kwantylowy dla wyników modelu regresji liniowej.

Oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla istotnych statystycznie zmiennych dotyczących dostępności do obiektów w mieście zaprezentowane zostały na rycinie 6.2. Zauważyć należy, że wiele wykazanych relacji ma charakter logarytmiczny, co może wskazywać na lokalny charakter tych zmiennych.



RYC. 6.2: Oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla istotnych statystycznie zmiennych dotyczących dostępności do obiektów.

Część z obserwowanych tendencji wykazanych przez model regresji liniowej zgadza się z obecnym stanem literatury, jednak nie wszystkie (Ryc. 6.2). Wśród tych, które zgadzają się z wcześniejszymi badaniami, należy zaliczyć (1) **wzrost wartości nieruchomości wraz ze wzrostem odległości** od: autostrady (Ceccato i in., 2011b), (2) budynków przemysłowych (Jang i in., 2015) czy (3) linii tramwajowych (Cavailhès i in., 2009). Nie dziwi również (4) **spadek wartości nieruchomości wraz z odległością** od rzeki Warty, (5) jezior, (6) parku Kasprowicza (budynku hali sportowej „Arena”), (7) parku Cytadela, (8) obiektów kultury fizycznej, (9) straży pożarnej, (10) restauracji, (11) Starego Rynku i (12) głównego węzła transportowego w mieście (Mostu Teatralnego). Zależności te zgadzają się z trendem obserwowanym w innych pracach poświęconych modelowaniu hedonicznemu, gdzie źródła hałasu (jak np. linie tramwajowe), źródła zanieczyszczeń (budynki przemysłowe) oraz negatywne dominanty widokowe (np. więzienie) obniżają wartość nieruchomości podczas gdy obszary naturalne, takie jak lasy, czy jeziora, ją podwyższają. Ciekawym akcentem jest również (13) **spadek wartości mieszkania wraz ze wzrostem czasu dojazdu do straży pożarnej**. Może to wskazywać na znaczącą wagę poczucia bezpieczeństwa wynikającego z bliskiego jej sąsiedztwa. Odwrotna sytuacja ma miejsce w przypadku odległości od budynku więzienia, która przez negatywne skojarzenia wydaje się ujemnie wpływać na atrakcyjność krajobrazu w najbliższym sąsiedztwie.

Nie wszystkie wartości zgadzają się jednak z badaniami przeprowadzonymi wcześniej w innych częściach świata. **Negatywna relacja** pomiędzy bliskim sąsiedztwem katedry, a ceną m<sup>2</sup> nieruchomości (Ryc. 6.2), choć sama w sobie stanowi atrakcyjną dominantę krajobrazową, może wynikać z hałasu oraz licznych turystów odwiedzających Ostrów Tumski. Podobnie można wytłumaczyć wykazaną relację z odległością od kościół, gdzie hałas powodowany przez dzwony oraz wiernych uczęszczających na msze może mieć negatywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania.

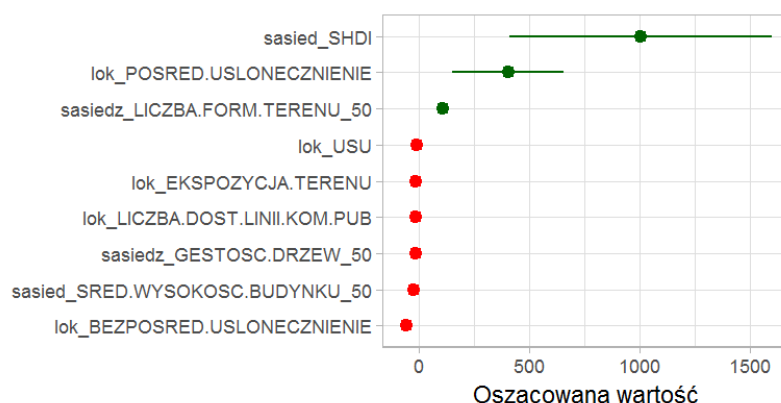
Równie zastanawiające jest, że lotnisko w Krzesinach (z holistycznego punktu widzenia - w obszarze całego miasta) posiada **pozytywny wpływ** na atrakcyjność miejsca zamieszkania (cena m<sup>2</sup> nieruchomości maleje wraz z odległością, ryc. 6.2). Możliwe jest w tym wypadku błędne oszacowanie wartości ze względu na silną korelację z odległością od autostrady (współczynnik korelacji Pearsona: 0,94). Drugie lotnisko, Ławica, okazało się nieistotne statystycznie, co jednak może wynikać ze stosunkowo bliskiego sąsiedztwa stadionu i niewielkiej liczby transakcji pomiędzy tymi dwoma obiektami.

Zastanawiająca jest ponadto zależność względem dostępu do placówek edukacyjnych (Ryc. 6.2). Wynika z niej, że wraz ze **wzrostem czasu dojazdu** od przedszkoli, szkół podstawowych oraz ponadpodstawowych wartość nieruchomości **wzrasta**, choć wydawać by się mogło, że (szczególnie dla osób posiadających dzieci) zależność ta powinna mieć odwrotny charakter. W każdym z tych przypadków relacja oparta jest o czas dojazdu samochodem i za każdym razem wzrost czasu dojazdu powoduje wzrost wartości nieruchomości. Przyczyna tego stanu rzeczy może wynikać faktycznie z zupełnie odmiennych uwarunkowań. Przykładowo w Stanach Zjednoczonych placówki edukacyjne powiązane są z większym ryzykiem przestępstw (Bowen i in., 1999) lub też z podwyższonym hałasem, co może mieć również miejsce w Poznaniu.

Podobnie zaskakujący wydaje się **spadek wartości** nieruchomości wraz **ze wzrostem odległości** od stadionu (Ryc. 6.2). Nie tylko sam spadek jest tu rzeczą niezwykłą, ale również fakt, że nie ma on charakteru lokalnego, lecz dotyczy całego obszaru miasta. Jako źródło hałasu (większe nawet niż kościoły) powinno posiadać negatywny wpływ na ceny nieruchomości, a zatem możliwe istnienie innej, wartej dalszego zbadania, przyczyny.

Odnotowano również dość interesujący **wzrost atrakcyjności** wraz **ze wzrostem czasu dojazdu** do zabytków (Ryc. 6.2). W przypadku zabytków, dłuższy czas dojazdu do strefy z zabytkami (która stanowi w przewadze ściśle centrum Poznania) ma wpływ na mniejsze natężenie hałasu oraz ruchu samochodowego i pieszego.

W przypadku obszarów naturalnych (lasów, jezior, itp.) ich bliska obecność przeważnie **poprawia atrakcyjność** miejsca zamieszkania (Ryc. 6.2), jednak w przypadku ogrodów zoologicznych, wpływ ten jest **negatywny** (możliwe interpretacje związane są z hałasem, natężeniem ruchu turystycznego, lub potencjalną obecnością szczurów). Podobnie większy udział drzew w promieniu 50 m od nieruchomości posiada **negatywny wpływ** (Ryc. 6.3). Ta druga relacja może wynikać z faktu, że mniejsza ilość drzew znajduje się przeważnie w świeżo wybudowanych osiedlach, w których na potrzeby budowy usuwano drzewa, a następnie zasadzano młode drzewa o niewielkich rozmiarach.



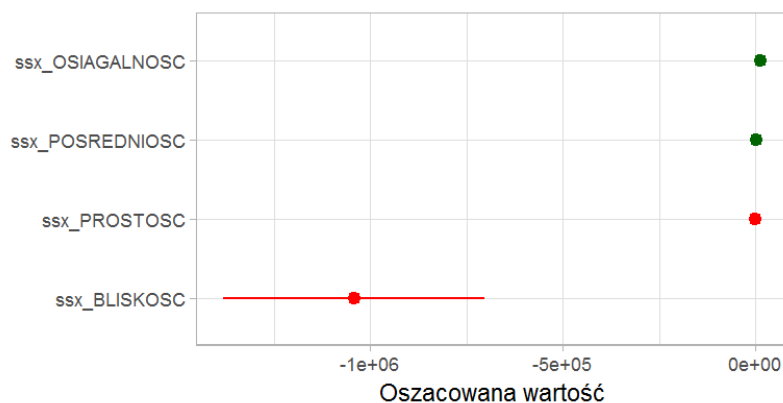
RYC. 6.3: Oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla istotnych statystycznie zmiennych dotyczących lokalizacji i sąsiedztwa miejsca zamieszkania.

Dla wszystkich analizowanych cech sąsiedztwa (Ryc. 6.3) największe znaczenie miało sąsiedztwo w promieniu 50 m. Zaskakujący jest **spadek wartości** m<sup>2</sup> nieruchomości wraz **ze wzrostem udziału drzew**. Prawdopodobnie wynika on z niewielkiego pokrycia terenu drzewami młodych osiedli, a zatem udział drzew staje się w ten sposób pośrednią miarą wieku zabudowy.

Wartym odnotowania jest silny wpływ zróżnicowania pokrycia terenu (mierzony wskaźnikiem różnorodności biologicznej Shannona - SHDI) oraz ukształtowania terenu na wartość mieszkań, gdzie bardziej urozmaicone obszary charakteryzują się **wyższymi** cenami mieszkań. Należy jednak mieć na uwadze, że bardziej urozmaicona rzeźba terenu może być związana z niższą gęstością zabudowy. Zaskakujący jest **spadek wartości** nieruchomości wraz **ze wzrostem dostępności przystanków**, choć i to może być powiązane z wysoką

dostępnością przystanków w obszarach zatłoczonych bliżej centrum miasta oraz natężeniem hałasu.

Zmienne należące do grupy *space syntax* (Rycina 6.4) opisujące w sposób syntetyczny dostępność i kształt najbliższej sieci drogowej wykazują przede wszystkim **spadek atrakcyjności** wraz ze wzrostem 'prostolinijności' przebiegu dróg, która przyjmuje najwyższe wartości wśród obszarów stanowiących niejako zamknięte enklawy osiedli, do których trudno jest się dostać z innych części miasta.



RYC. 6.4: Oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla istotnych statystycznie zmiennych dotyczących lokalizacji i sąsiedztwa miejsca zamieszkania.

### 6.1.2. Holistyczny zgeneralizowany model addytywny (GAM)

Przedstawione powyżej tendencje mają charakter parametryczny i liniowy. Możliwe jest jednak, że charakter ten w rzeczywistości nie ma zależności liniowej czy logarytmicznej. Aby sprawdzić czy taka sytuacja ma miejsce w przypadku analizowanych zmiennych przeprowadzone zostało modelowanie z użyciem zgeneralizowanych modeli addytywnych.

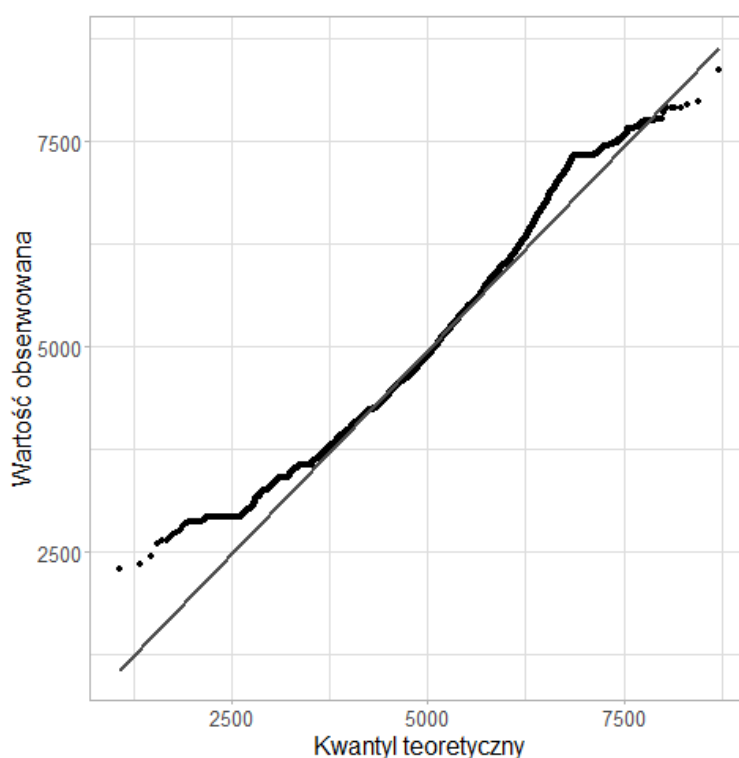
Jakość modelu GAM zaprezentowano na rycinie 6.5. Podobnie jak na wykresie prezentowanym dla regresji liniowej (Ryc. 6.1) predykcje niskich i wysokich wartości pojawiają się częściej niż wynikałoby to z rozkładu normalnego, a więc charakteryzują się rozkładem prawoskośnym. Jednakże zakres poprawnych predykcji jest tu szerszy i obejmuje wartości między 3 750, a 6 250 zł za m<sup>2</sup> nieruchomości.

Do opracowania modelu GAM wykorzystano zmienne, które okazały się istotne podczas analizy regresji krokowej. Zgeneralizowany addytywny model tłumaczy ok 48% zmienności danych ( $R^2$ : 0,48). Na rycinie 6.6 zaprezentowano wpływ wybranych elementów krajobrazu na prognozowaną cenę m<sup>2</sup> nieruchomości.

Zauważyć można, że wpływ autostrady posiada wyraźnie **nieliniowy charakter** (Ryc. 6.6). Zgadza się to z intuicyjnie rozumianym wpływem autostrady, w którym bliska odległość związana jest z hałasem i natężeniem ruchu, jednak bliskość autostrady jest korzystna dla szybszego wyjazdu z miasta lub jego objazdu.

Według modelowania addytywnego (Ryc. 6.6), targowiska wykazują **negatywny wpływ** na najbliższe otoczenie lokalnie obniżając znacząco wartość mieszkań, natomiast jeziora, rzeka Warta, stadion, czy Stary Rynek **poprawiają atrakcyjność**.





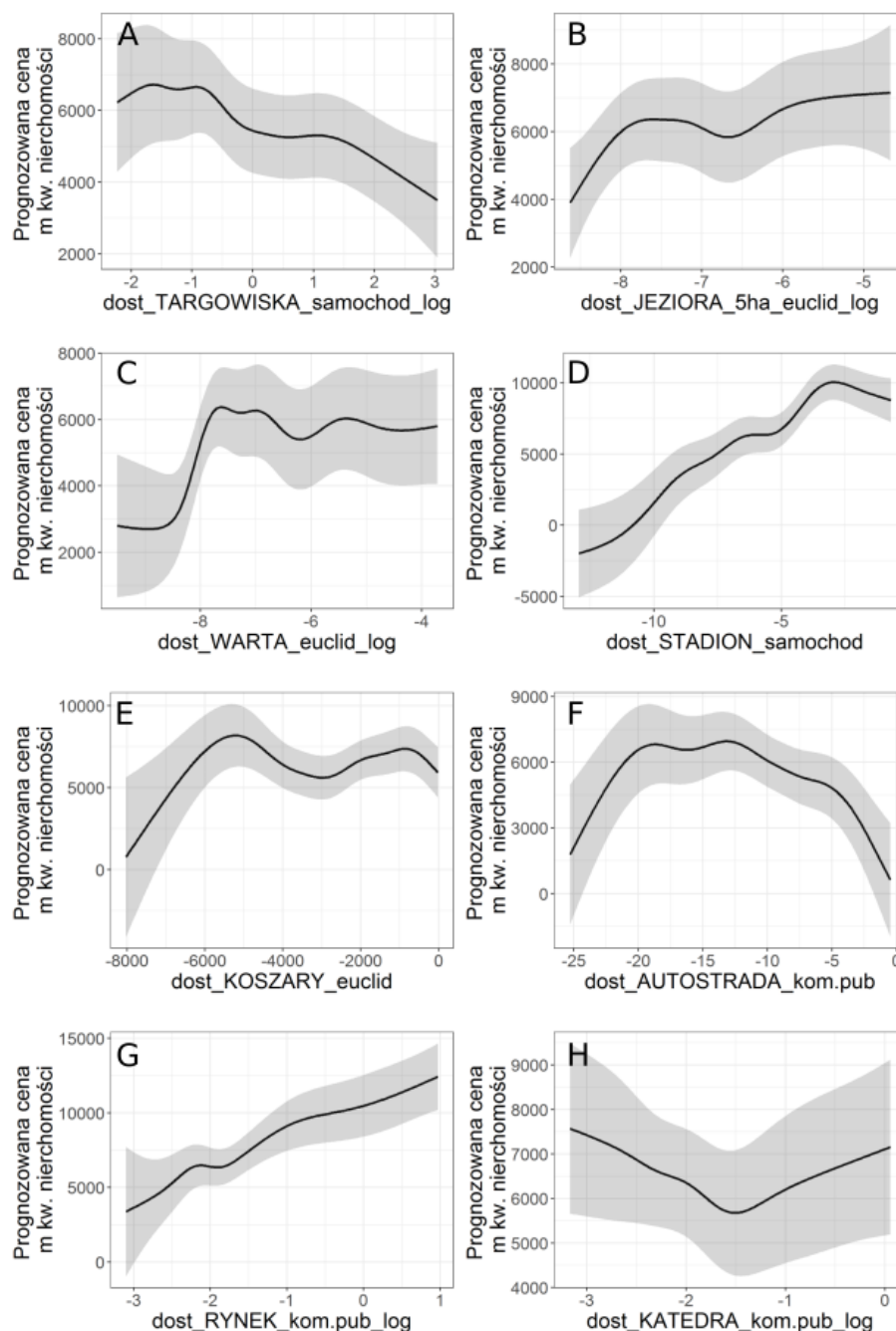
RYC. 6.5: Wykres kwantylowy dla wyników zgeneralizowanego modelu addytywnego.

Jak wynika z modelu addytywnego (Ryc. 6.6) bliskie sąsiedztwo katedry **poprawia atrakcyjność** miejsca zamieszkania, która jednak dość szybko maleje wraz z odległością, a następnie znowu wzrasta przyjmując „U”-kształtną funkcję.

Odległość od koszar wojskowych posiada zróżnicowany wpływ, który na wybranych dystansach wznosi się i opada (Ryc. 6.6). Wynika to prawdopodobnie z przejmowania przez zmienną wpływu innych cech związanych z tymi odległościami.

### 6.1.3. Holistyczny model lasów losowych

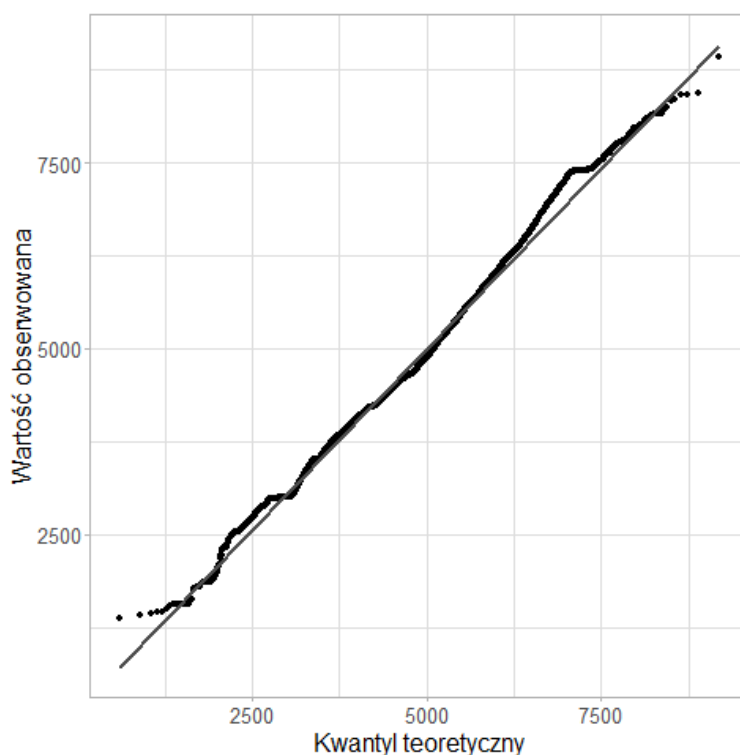
Słabością modeli regresji liniowej jest ich stosunkowo niska wartość wskaźnika determinacji uzależniona od liniowego charakteru zmiennych niezależnych. Zgeneralizowane modele addytywne (GAM) co prawda uzyskują wyższe wartości współczynnika determinacji tłumacząc tym samym więcej wariancji danych, jednak mają tendencję do przeszacowania wpływu zmiennych poza zakresem wartości wziętych do modelowania. Aby zaradzić tej sytuacji, poza estymacją wpływu elementów krajobrazu z użyciem modeli regresji liniowej oraz zgeneralizowanych modeli addytywnych, posłużono się również alternatywnym, rzadko stosowanym w modelowaniu hedonicznym, podejściem z użyciem modelu lasów losowych. Charakteryzuje się on nieparametryczną analizą wpływu zmiennych niezależnych, wyższą jakością predykcji niż modele regresji liniowej i zgeneralizowane modele addytywne jak również wymuszonym ograniczeniem prognozowanych wartości do tych zawartych w danych treningowych, na podstawie których został opracowany model (Rozdział 5). Model lasów losowych wykorzystuje szereg drzew decyzyjnych



RYC. 6.6: Wpływ poszczególnych czynników przestrzennych na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości w procedurze modelowania addytywnego. A - logarytm czasu dojazdu samochodem do targowisk; B - logarytm odległości euklidesowej do jezior o powierzchni mniejszej niż 5 ha; C - logarytm odległości euklidesowej do rzeki Warta; D - czas dojazdu samochodem do stadionu; E - odległość euklidesowa do koszar; F - czas dojazdu do autostrady komunikacją publiczną; G - logarytm czasu dojazdu komunikacją publiczną do Starego Rynku; H - logarytm czasu dojazdu komunikacją publiczną do Katedry.

do optymalizacji parametrów. Drzewa tworzone są na podstawie próbki danych oraz próbki zmiennych, co pozwala wyeliminować zmienne nieistotne statystycznie (Rozdział 5).

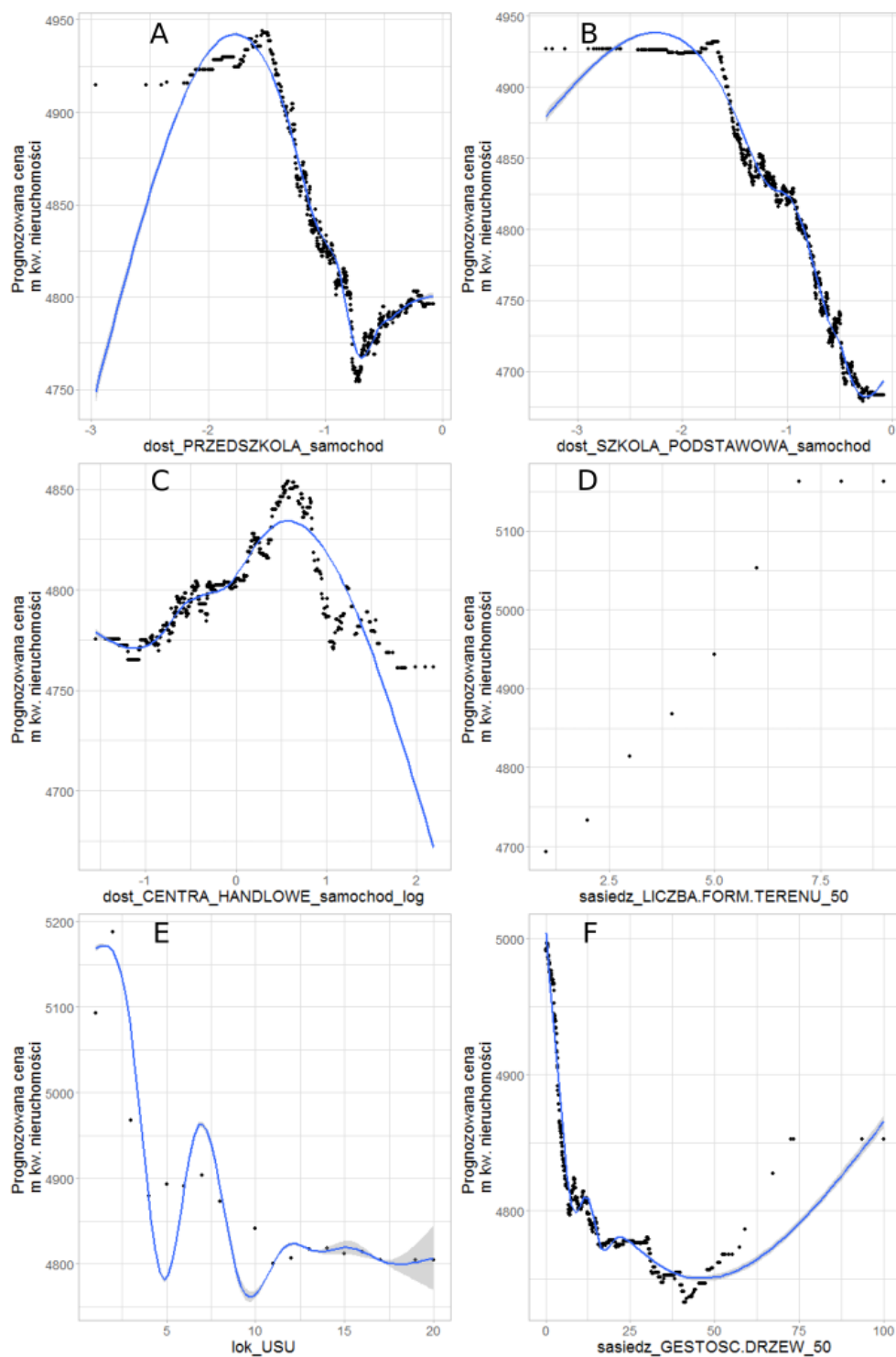
Uzyskany holistyczny model lasów losowych charakteryzuje się współczynnikiem determinacji  $R^2$  na poziomie 0,55, a więc wyższym niż poprzednich modeli (model regresji liniowej: 0,35; zgeneralizowany model addytywny: 0,48). Na rycinie 6.7 zaobserwować można rozkład prognozowanych wartości z użyciem modelu lasów losowych względem teoretycznego rozkładu normalnego. W porównaniu do wcześniej omawianych modeli (regresji liniowej - ryc. 6.1; zgeneralizowanego modelu addytywnego - ryc. 6.5) charakteryzuje się on najszerszym zakresem wartości prognozowanych zgodnie z rozkładem normalnym (między 3 000 a 6 500 zł) zaniżając nieco częstotliwość niskich wartości i zwyżając wysokich. Prognozowane wartości posiadają rozkład najbardziej zbliżony do rozkładu normalnego, co sugeruje, że może być on najlepszym z uzyskanych modeli dla oceny atrakcyjności krajobrazu zabudowy mieszkalnej w Poznaniu.



RYC. 6.7: Wykres kwantylowy dla wyników modelu lasów losowych.

Aby potraktować model lasów losowych jako model hedoniczny opracowano prognozy cen  $m^2$  nieruchomości w zależności od zmiany jednej tylko zmiennej niezależnej przy założeniu, że wszystkie pozostałe cechy przyjmują wartości średnie. Większość uwzględnionych w modelu czynników posiada niewielki wpływ na ceny  $m^2$  nieruchomości, w związku z czym na rycinie 6.8 ukazano wpływ tylko wybranych czynników na atrakcyjność krajobrazu (wpływ wszystkich czynników znajduje się na załączonej do pracy płytce DVD).

Model lasów losowych dostarcza również informacji o stopniu ważności zmiennych, który wynika z ich wpływu na modelowaną zmienną. Najważniejszymi



RYC. 6.8: Wpływ wybranych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania w obrębie całego miasta. A - czas dojazdu samochodem do przedszkola; B - czas dojazdu samochodem do szkoły podstawowej; C - logarytm czasu dojazdu samochodem do centrum handlowego; D - Liczba form terenu w promieniu 50 m; E - Jednostka strukturalna; F - Udział drzew w promieniu 50 m.

zmiennymi w analizowanym zbiorze są przede wszystkim cechy strukturalne nieruchomości: powierzchnia nieruchomości i liczba izb. Interesujące, że wśród cech przestrzennych do najważniejszych należą odległość od przedszkoli i szkół podstawowych, jednostka strukturalna (*Urban Structural Unit* - USU), odległość od centrów handlowych, udział roślinności wysokiej w promieniu 50 m, liczba form ukształtowania terenu, odległość od kościołów oraz średnia wysokość budynków w promieniu 50 m.

Wśród najistotniejszych czynników krajobrazowych wpływających na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej zaliczyć należy miarę odległości od placówek edukacyjnych. Rycina 6.8 uwidacznia wyraźnie **negatywny wpływ** bliskiego sąsiedztwa zarówno przedszkoli jak i szkół podstawowych o podobnym, to jest sigmoidalnym, przebiegu.

**Negatywny wpływ** na atrakcyjność posiada też bliskie sąsiedztwo centrów handlowych (Ryc. 6.8). Znajdując się w najbliższym otoczeniu nieruchomości zaniżają znacząco wartość prognozowanej ceny  $m^2$  nieruchomości. Jednocześnie centra handlowe znajdujące się **nieco poza „widokiem z okna” podnoszą atrakcyjność**. Wynika to prawdopodobnie z pozytywnego wpływu „wygodnego” sąsiedztwa to jest dostępu do usług dostarczanych przez centra handlowe bez negatywnego wpływu estetycznego (dominanty widokowej).

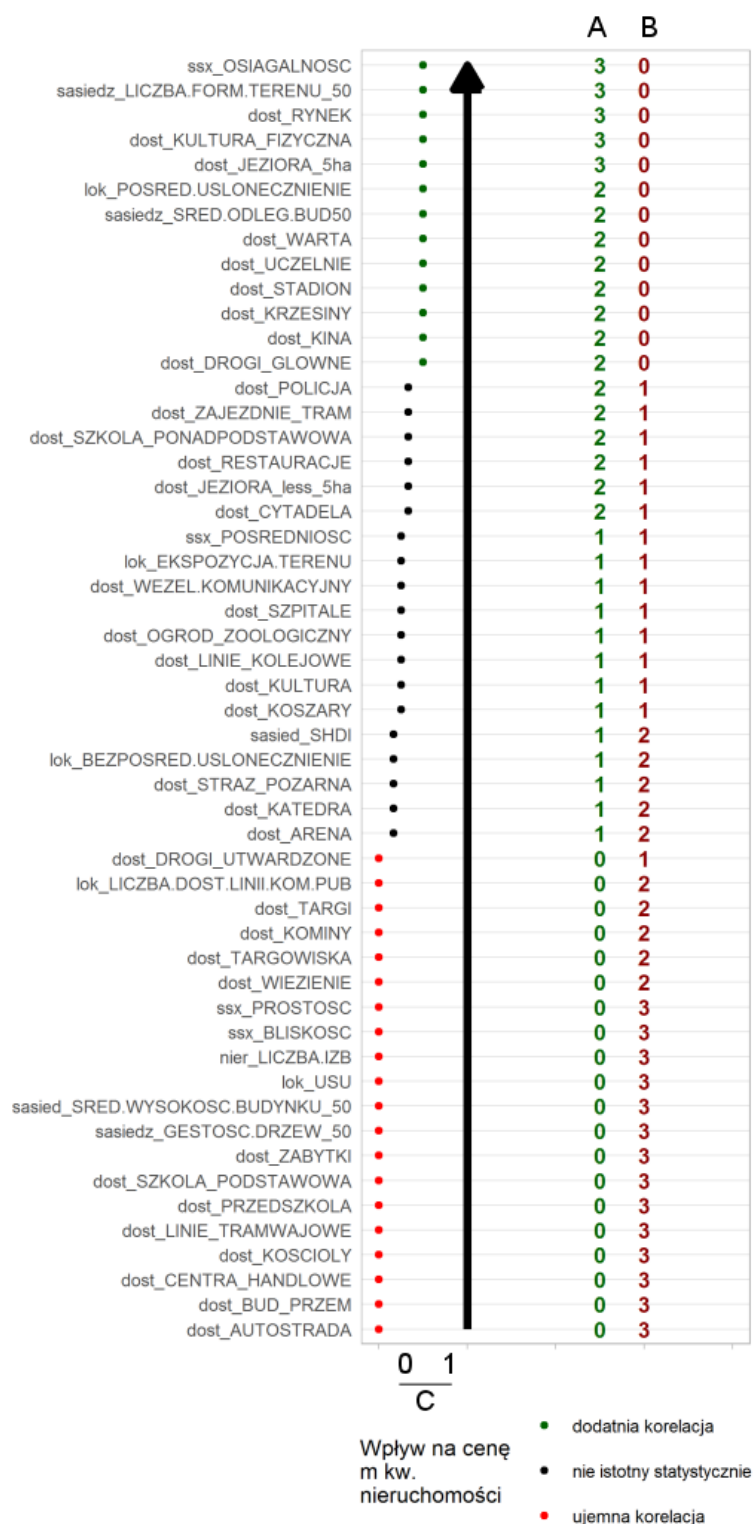
Podobnie jak wcześniej wzrost udziału drzew w najbliższym sąsiedztwie **obniża wartość** ceny  $m^2$  (Ryc. 6.8), co może być silnie związane z wiekiem zabudowy. Potwierdza to wykres przedstawiający wpływ jednostki strukturalnej oszacowanej na podstawie narzędzia geoPAT (Jasiewicz i in., 2015). Stanowi ona syntetyczną miarę ukazującą zróżnicowanie strukturalne pokrycia terenu wewnątrz danej jednostki. Na podstawie wykresu przedstawionego na rycinie 6.8 zauważyć można, że najwyższe ceny znajdują się w pierwszych dwóch klasach, które stanowią obszary nowych, rozwijających się zabudowań.

Silny **wzrost ceny**  $m^2$  nieruchomości ze wzrostem liczby form ukształtowania terenu został wykazany również w przypadku modelu lasów losowych (Ryc. 6.8), co nie stanowi zaskoczenia w świetle obecnych badań, wg których georóżnorodność jest istotnym aspektem atrakcyjności przestrzeni (Zwoliński, 2004). Wśród pierwszych 5 czynników mających największy wpływ na cenę  $m^2$  nieruchomości znajduje się tylko jeden czynnik przestrzenny, tak zwana jednostka jednolitej struktury miejskiej (*Urban Structural Unit* - USU)

Analizując wpływ istotnych statystycznie zmiennych użytych w wyżej wymienionych trzech modelach można zauważyć pewne stałe tendencje. Na rycinie 6.9 przedstawiono uogólniony kierunek wpływu istotnych statystycznie zmiennych na modelowaną cenę  $m^2$  nieruchomości za pomocą modeli holistycznych.

Zauważyć można, że w każdym z modeli jako elementy o **jednoznacznie negatywnym wpływie** na wartość miejsca zamieszkania zakwalifikowane zostały autostrada, centra handlowe, przedszkola, wyższe klasy jednostek strukturalnych, wysokie wartości bezpośredniego osłonecznienia oraz dwie syntetyczne miary dostępności (‘prostolinijność’ przebiegu dróg oraz ‘bliskość’).

Do istotnie **pozytywnych elementów struktury krajobrazu** zaliczone zostały pośrednia miara dostępności (osiągalność), bliskość policji, Starego Rynku, restauracji, jezior oraz Parku Cytadela.



RYC. 6.9: Wpływ analizowanych zmiennych na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego w latach 2008-2014 na podstawie modeli holistycznych. A - liczba modeli, w których dana zmienna posiadała pozytywny wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości; B - liczba modeli, w których dana zmienna posiadała pozytywny wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości; C - prawdopodobieństwo, że dana zmienna posiadała negatywny wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości.

## 6.2. Hedoniczne modelowanie atrakcyjności krajobrazu wewnątrz subrynków

Model holistyczny pozwala wychwycić ogólne tendencje istniejące w mieście. Jednak aby uchwycić wpływ lokalnych czynników - określić, co wpływa na atrakcyjność w skali dzielnicy, czy osiedli - potrzebne jest utworzenie modeli w podziale na subrynki.

Modele regresji liniowej oszacowane dla poszczególnych subrynków charakteryzowały się zróżnicowaną jakością mierzoną współczynnikiem determinacji  $R^2$ , który informuje ile wariacji zmiennej zależnej tłumaczona jest modelem. W porównaniu do modelu globalnego, który posiadał współczynnik  $R^2$  równy 0,35, modele subrynków w większości posiadały wyższe wartości. Zaledwie 2 modele tłumaczyły mniej wariacji: obliczony dla subryнку 1 ( $R^2 = 0,27$ ) oraz subryнку 8 ( $R^2 = 0,24$ , Tabela 6.1). Choć żaden z modeli regresji liniowej nie tłumaczy pełnej zmienności ceny  $m^2$  nieruchomości, uzyskane wartości są porównywalne z modelami hedonicznymi prezentowanymi w literaturze przedmiotu (Rahmatian i in., 2004). W przypadku modeli addytywnych pierwszy, szósty oraz ósmy subrynek nie wykazały poprawy współczynnika  $R^2$ , który dla modelu holistycznego przyjął wartość 0,49 (Tabela 6.1). Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku modelu lasów losowych, dla których również subrynki pierwszy, piąty i ósmy nie wykazały poprawy, jak również dodatkowo subrynek siódmy. Należy jednak przy tym podkreślić, że modele subrynków powstały w oparciu o istotnie mniejszą liczbę zmiennych. W tabeli 6.1 przedstawiono liczbę istotnych statystycznie zmiennych. W przypadku modeli regresji liniowej oraz zgeneralizowanych modeli addytywnych zmienne są uznane za istotne statystycznie jeśli prawdopodobieństwo istotności było większe bądź równe 95% ( $p$ -value mniejsze lub równe 0,05). W przypadku zmiennych użytych w modelowaniu za pomocą lasów losowych wykorzystano te same zmienne co w zgeneralizowanym modelowaniu addytywnym.

Utworzenie pojedynczych modeli wewnątrz subrynków za pomocą lasów losowych, w odróżnieniu do metody klasycznej - modeli regresji liniowej oraz GAM - nie poprawiło jakości modelowania holistycznego mierzonej współczynnikiem determinacji  $R^2$  (Ryc. 6.1). Jedynie subrynek 9 charakteryzuje się wyższym współczynnikiem niż model holistyczny, choć należy zwrócić uwagę, że model holistyczny z założenia posiada znacznie więcej uwzględnionych zmiennych niezależnych, co wpływa na podwyższenie jego wartości  $R^2$ . Jednocześnie jakość modeli lasów losowych wewnątrz subrynków jest w większości przypadków wyższa niż utworzonych za pomocą metody klasycznej (o czym więcej w rozdziale 8).

Aby wyniki modelowania wewnątrz subrynków były porównywalne między poszczególnymi modelami do opracowania ich wykorzystano te same zmienne, które zostały wybrane metodą ekspercką opisaną szerzej w rozdziale 5.

W celu ograniczenia objętości pracy nie wszystkie uzyskane wyniki zostały zaprezentowane w postaci zamieszczonych w tekście rycin. Wszystkie opracowane modele, macierze korelacji, wartości współczynników modeli regresji liniowej oraz wykresy funkcji zależności ceny  $m^2$  od zmiany zmiennych niezależnych umieszczone zostały na załączonej płycie DVD.

### Subrynek 1 - Świerczewo

Nieruchomości wewnątrz subryнку nr 1 skoncentrowane są w mało urozmaiconym przestrzennie osiedlu domów wielorodzinnych nad Wartą między ulicami

TABELA 6.1: Wartości współczynnika determinacji  $R^2$  oraz liczby istotnych statystycznie zmiennych dla modeli regresji liniowej, zgeneralizowanych modeli addytywnych oraz lasów losowych w podziale na subrynki.

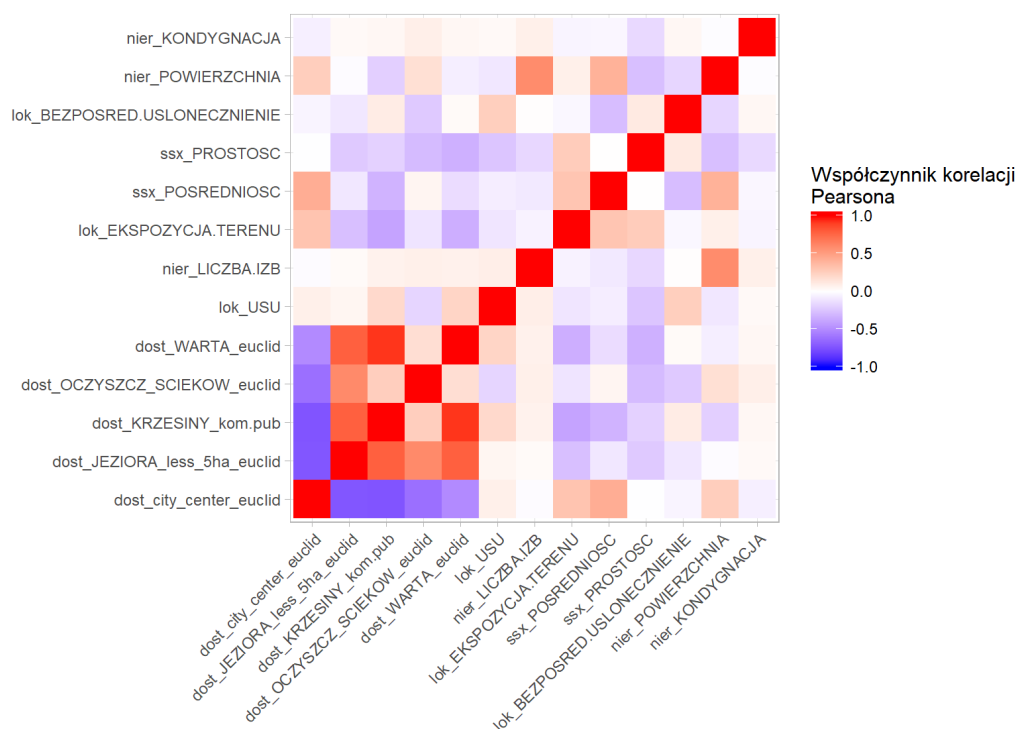
Współczynnik determinacji $R^2$			
Subrynek	Model regresji liniowej	Zgeneralizowany model addytywny	Lasy losowe
1	0,25	0,50	0,56
2	0,50	0,64	0,63
3	0,39	0,49	0,51
4	0,42	0,56	0,58
5	0,35	0,52	0,50
6	0,38	0,47	0,65
7	0,38	0,53	0,47
8	0,23	0,35	0,33
9	0,67	0,73	0,70
10	0,40	0,54	0,63
Liczba istotnych zmiennych			
Subrynek	Model regresji liniowej	Zgeneralizowany model addytywny / Lasy losowe	
1	22	13	
2	27	13	
3	25	15	
4	33	13	
5	37	19	
6	26	13	
7	25	11	
8	31	10	
9	31	18	
10	33	16	



Czechosłowacką a 28 czerwca 1956 r (Ryc. 3.3). Osiedle to znajduje się w bliskim sąsiedztwie torów kolejowych oraz stawów w parku Dębina i rzeki Warty. Większość czynników w tym subryнку charakteryzuje się niską zmiennością przestrzenną, przez co trudno dopasować model. Na rycinie 6.10 ukazano korelację pomiędzy uwzględnionymi w modelowaniu czynnikami. Zauważyć można, że zmienne przestrzenne dotyczące dostępności były ze sobą bardzo silnie skorelowane. Współczynnik korelacji Pearsona pomiędzy odległością od Warty, a odległością od lotniska Krzesiny wynosił 0,92, natomiast współczynnik korelacji pomiędzy odległością od centrum miasta, a lotniskiem Krzesiny wynosił -0,94. Korelacje te w większości przypadków utrzymywały wysokie wartości bez względu na logarytmizację danych lub zmianę formy dostępności (na odległość euklidesową, czas dojazdu samochodem, itp.).

Utworzony w wyniku opisanej w rozdziale 5 procedury model regresji liniowej posiada niski współczynnik determinacji  $R^2$  równy 0,25 (Ryc. 6.1). Ze względu na niską jakość modelu nie zostanie on poddany interpretacji, a sam model, wykonana na jego podstawie waloryzacja krajobrazu, oraz wykresy charakteryzujące wpływ czynników na modelowaną cenę  $m^2$  nieruchomości zostały tylko zamieszczone na załączonej do pracy płycie DVD.

Utworzony dla subryнку 1 zgeneralizowany model addytywny tłumaczy znacznie więcej wariacji danych. Jego współczynnik determinacji wyniósł 0,50 (dwukrotnie więcej niż modelu regresji liniowej), jednak ze względu na silną korelację między zmiennymi nie jest możliwe określenie na jego podstawie wpływu pojedynczych zmiennych na atrakcyjność miejsca zamieszkania.

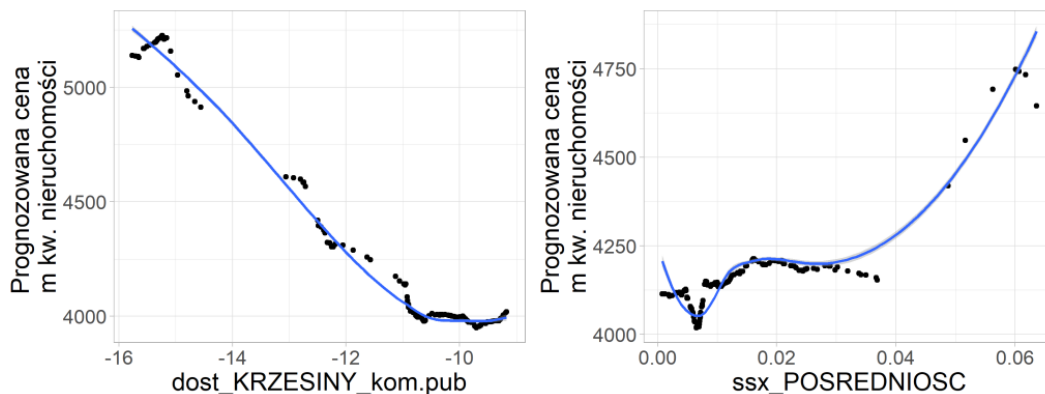


RYC. 6.10: Wartość korelacji Pearsona dla zmiennych użytych w modelu wewnątrz subryнку nr 1.

Z punktu widzenia metodyki tworzenia drzew decyzyjnych, do najważniejszych zmiennych kształtujących cenę  $m^2$  nieruchomości wewnątrz subryнку pierwszego

należy powierzchnia nieruchomości, odległość od lotniska Krzesiny, piętro (na którym znajduje się nieruchomość) oraz pośrednie miary dostępności - 'prostoliniowość' przebiegu dróg oraz 'pośredniość' (więcej o miarach *space syntax* na stronie 57).

Na rycinie 6.11 zaprezentowano najważniejsze czynniki przestrzenne wpływające na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej mierzonej ceną m<sup>2</sup> nieruchomości wg modelu lasów losowych. Do szczególnie interesujących należy wyraźny wzrost atrakcyjności ze wzrostem odległości od lotniska Krzesiny, jak również wzrost atrakcyjności ze wzrostem miary 'pośredniość'.



RYC. 6.11: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subrynu 1.

### Subrynek 2 - Osiedle Warszawskie

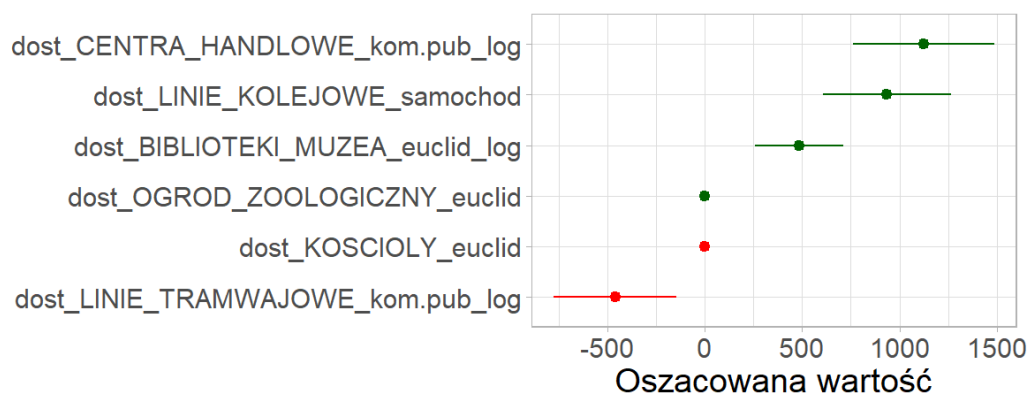
Drugi subrynek reprezentuje obszar na wschodnim brzegu Warty - osiedle Warszawskie, Chartowo i Atnoninek. Model regresji liniowej posiada wysoki współczynnik (jak na modele regresji liniowej) determinacji  $R^2$  równy 0,50 (wyższy niż modelu globalnego). Transakcje kupna/sprzedaży nieruchomości są dość równomiernie rozmieszczone z uwzględnieniem, że nominalnie więcej znajduje się na terenie osiedla wielorodzinnego Chartowo (Ryc. 3.3, str. 43).

Współczynniki kierunkowe zmiennych dotyczących dostępności obiektów (Ryc. 6.12) wskazują na pozytywny wpływ centrów handlowych, linii kolejowych, bibliotek i muzeów oraz ogrodu zoologicznego (spadek atrakcyjności wraz ze wzrostem odległości). Wyniki te są zgodne z intuicyjnym postrzeganiem atrakcyjności w przypadku ogrodu zoologicznego i odległości od muzeów oraz bibliotek, jednak może być mylne w kontekście pozostałych dwóch czynników.

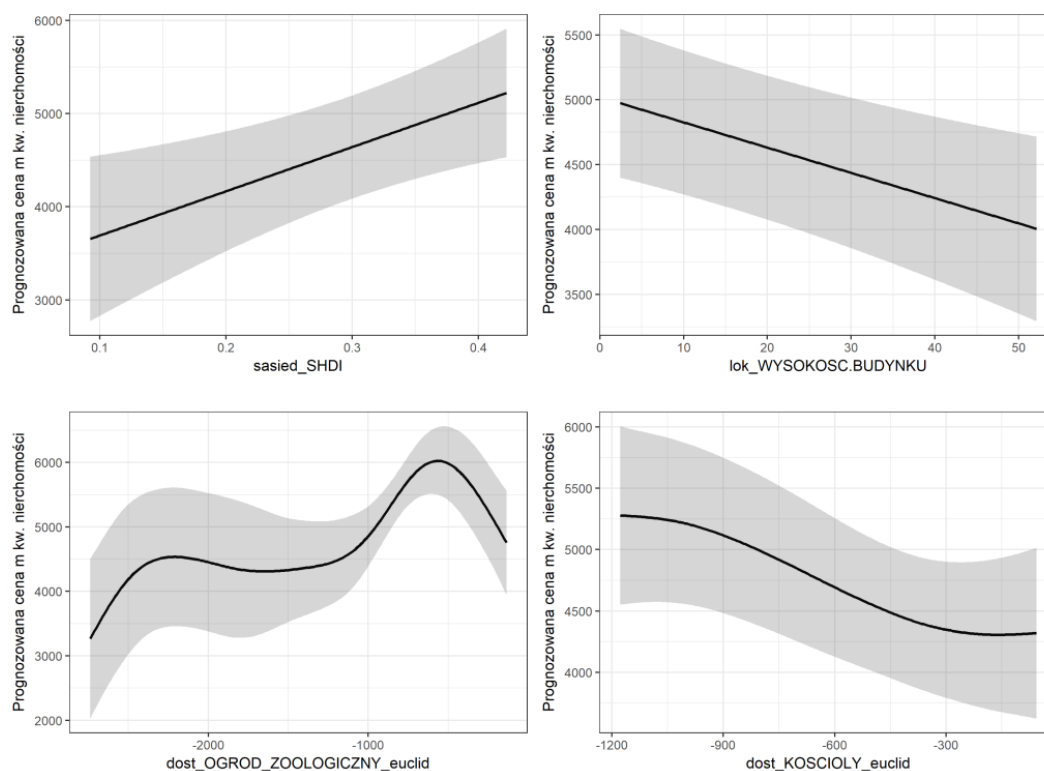
Wzrost wartości nieruchomości wraz z oddalaniem się od budynków kościołów oraz linii tramwajowych zgodny jest z literaturą oraz holistycznym modelem uzyskanym dla całego miasta, a wynika z oddalania się od obiektów generujących hałas.

Na podstawie wybranych w modelowaniu regresji liniowej zmiennych opracowano zgeneralizowany model addytywny, który posiada współczynnik determinacji  $R^2$  równy 0,64. Wpływ wybranych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania ukazany został na rycinie 6.13.

Zauważyć można niejednoznaczną relację ceny względem bliskości ogrodu zoologicznego, która może sugerować, że na pewnym dystansie istnieją inne czynniki wpływające na poprawę lub obniżenie atrakcyjności danego miejsca. Dość charakterystyczny i zgodny z teorią jest zaobserwowany pozytywny wpływ obecności



RYC. 6.12: Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 2.



RYC. 6.13: Oszacowany wpływ na wartość m<sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 2.

ogrodu zoologicznego zlokalizowanego w odległości do ok 500 m. Wzrost zróżnicowania pokrycia terenu (mierzony wskaźnikiem bioróżnorodności Shannona - SHDI) wykazuje pozytywną, liniową relację. W odróżnieniu do niej wzrost wysokości budynku związany jest ze spadkiem atrakcyjności. Bliskość kościołów wykazuje obserwowaną już wcześniej w modelu holistycznym relację, z której wynika, że bliskie ich sąsiedztwo wpływa negatywnie na atrakcyjność miejsca zamieszkania.

Analiza z użyciem modelu lasów losowych opracowana dla tego obszaru pozwoliła ocenić, które zmienne są najistotniejsze przy szacowaniu atrakcyjności miejsca zamieszkania. Najważniejszymi czynnikami nie są tu cechy strukturalne nieruchomości, ale czynniki przestrzenne, takie jak odległość od ogrodu zoologicznego oraz kościołów. Dopiero na trzecim miejscu pojawia się cecha strukturalna określająca liczbę izb w mieszkaniu. Na kolejnych miejscach ponownie znajdują się czynniki krajobrazowe, mianowicie odległość od centrum miasta, linii tramwajowych oraz wysokość budynku.

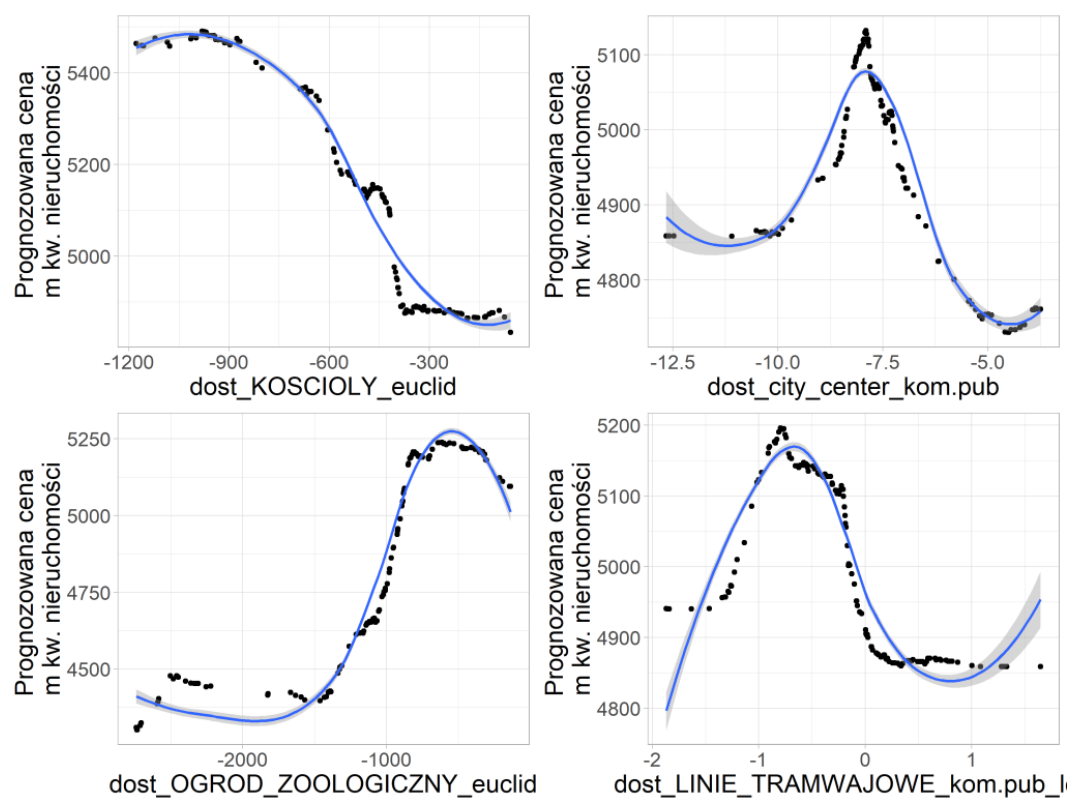
Na rycinie 6.14 zaprezentowano najważniejsze czynniki przestrzenne wpływające na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej mierzonej ceną  $m^2$  nieruchomości wg modelu lasów losowych. Zgodnie z uzyskanymi wynikami ogród zoologiczny stanowi silną pozytywną dominantę krajobrazową podnoszącą poziom atrakcyjności o prawie tysiąc złotych między najbliższym sąsiedztwem, a odległością 1,5 km od obiektu. Relacja ta posiada podobny, sigmoidalny charakter jak w modelowaniu addytywnym.

Bliskie sąsiedztwo budynku kościoła (do ok. 400 m) obniża atrakcyjność, co również jest spójne z opracowanym modelem regresji liniowej oraz modelem addytywnym, a wynikać może z hałasu generowanego przez dzwony kościoła oraz podwyższonego natężenia ruchu w niedzielę i święta. Wzrost czasu dojazdu komunikacją publiczną do centrum związane jest z ogólnym wzrostem poziomu atrakcyjności, co może być związane również ze zbliżaniem się do obszarów leśnych. Obserwowany wzrost atrakcyjności na odległości między 7,5, a 8 minutą czasu dojazdu od centrum może być związany z osiedlami otoczonymi lasami w pobliżu wschodniej granicy miasta. Podobnie wzrost poziomu atrakcyjności w odległości między 1 minutą czasu dojazdu do linii tramwajowych, a 3 minutami (logarytm z 3 jest równy w przybliżeniu 1; zob. ryc. 6.14) może wynikać z tej samej relacji, jak również z podkreślenia obszarów wokół jeziora Maltańskiego, które znajdują się w tej odległości. W przypadku dostępu do linii tramwajowych należy zaznaczyć, że mimo iż wybrana została dostępność mierzona kosztem poruszania się za pomocą komunikacji publicznej, największe zróżnicowanie i wpływ na ceny ma odległość, którą pokonuje się pieszo (3 minuty to przeważnie czas potrzebny dopiero na dotarcie na przystanek, skąd można poruszać się szybciej za pomocą komunikacji publicznej).

### **Subrynek 3 - Winogrody/Naramowice**

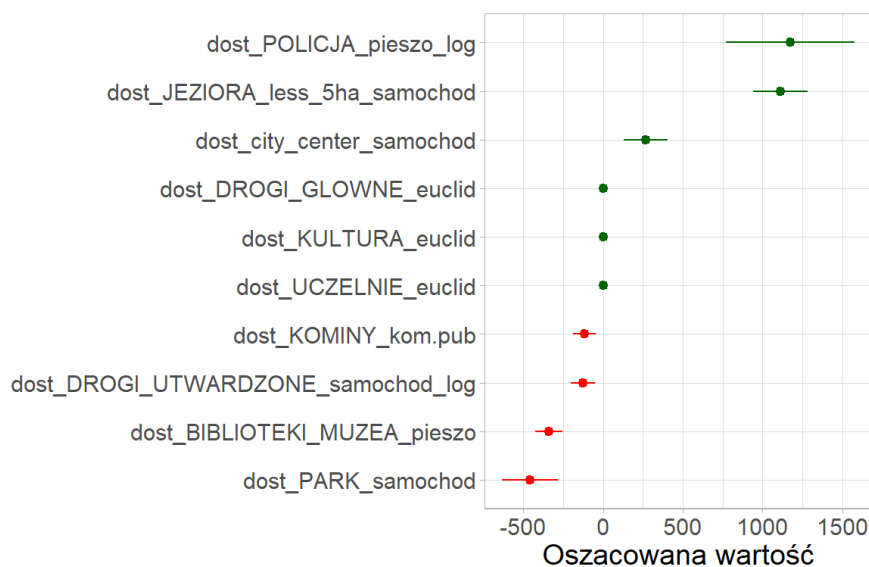
Trzeci z wydzielonych subrynków obejmuje obszar na północ od centrum miasta - osiedla Winogrody i Naramowice. Otrzymany model regresji liniowej posiada współczynnik determinacji  $R^2$  równy 0,39 (wyższy niż w przypadku modelu holistycznego).

Współczynniki kierunkowe dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów przedstawiono na rycinie 6.15. Wskazują one na pozytywny wpływ posterunków policji, małych zbiorników wodnych, centrum miasta, głównych dróg, obiektów kultury oraz budynków uczelni. Według uzyskanego modelu negatywny wpływ na atrakcyjność krajobrazu subrynku trzeciego mają parki, biblioteki i muzea, drogi utwardzane oraz kominy. W przypadku dwóch pierwszych zmiennych jest to



RYC. 6.14: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subrynków 2.

sprzeczne z dotychczasowymi wynikami. Wzrost atrakcyjności związany ze wzrostem odległości od kominów można tłumaczyć oddalaniem się od zakładów przemysłowych i związanych z nimi zanieczyszczeniami powietrza i hałasem. Drogi utwardzone posiadają lokalny negatywny wpływ, który również można tłumaczyć hałasem i zanieczyszczeniami powietrza. Jednocześnie zgodnie z tą samą interpretacją bliskość parków powinna poprawiać atrakcyjność krajobrazu, jednak według modelu tak nie jest. Należy mieć na uwadze, że odległość od parków jest silnie, pozytywnie skorelowana z odległością od centrum miasta (0,91), co może utrudniać oszacowanie parametru.



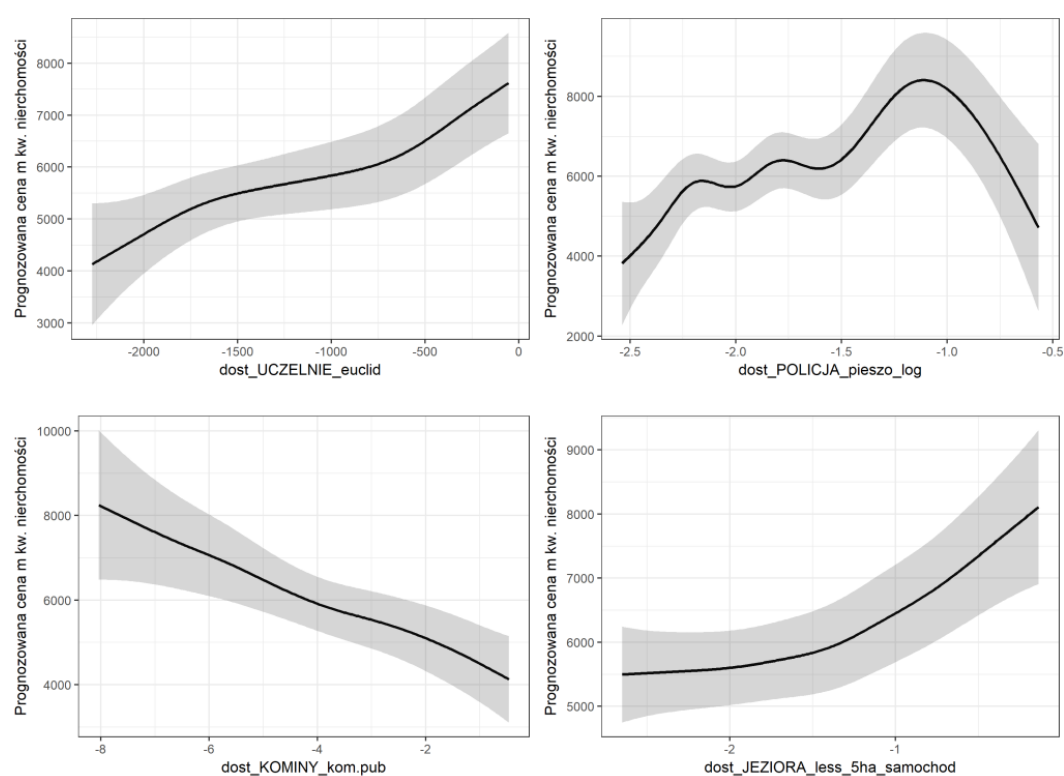
RYC. 6.15: Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 3.

W oparciu o zmienne wybrane do modelu regresji liniowej utworzono zgenerowany model addytywny o współczynniku  $R^2$  równym 0,49. Wpływ wybranych czynników przestrzennych na atrakcyjność krajobrazu został zaprezentowany na rycinie 6.16.

Część relacji ukazujących zależności ceny  $m^2$  od czynników krajobrazowych (Ryc. 6.16) wykazuje charakter zbliżony do liniowego. Sytuacja ta ma miejsce w przypadku odległości od uczelni, kominów, czy jezior. Kierunek trendu tych funkcji jest zbieżny z wartościami współczynników kierunkowych oszacowanych dla modelu regresji liniowej. Na uwagę zwraca funkcja oszacowana dla odległości od posterunku policji, zgodnie z którą występuje znacząca zmiana atrakcyjności w najbliższym sąsiedztwie.

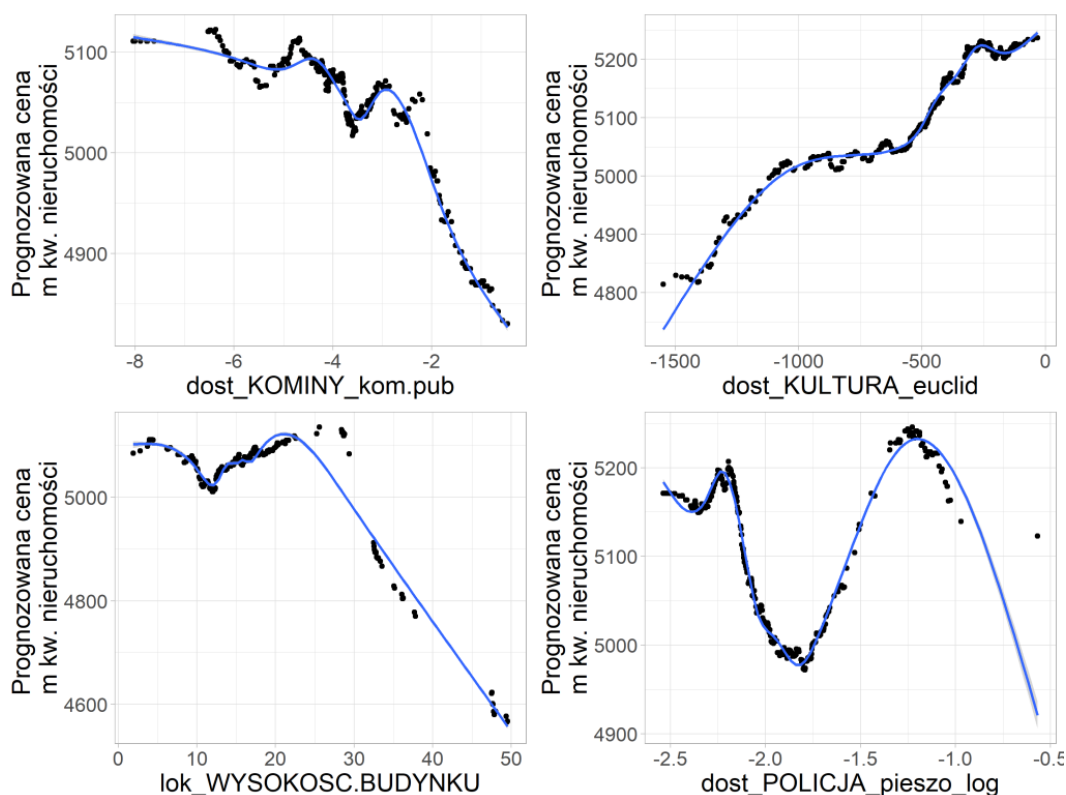
Na podstawie modelu lasów losowych określono, że w trzecim subryнку największe znaczenie na kształtowanie się cen nieruchomości posiadają czynniki krajobrazowe: odległość od kominów oraz obiektów kultury. Dopiero na trzecim miejscu istotności pojawia się czynnik związany z cechą strukturalną nieruchomości, a mianowicie jej powierzchnia. Następnie znów istotne stają się czynniki przestrzenne: wysokość budynku, odległość od posterunku policji, miara dostępności ('bliskość', więcej na stronie 57) oraz odległość od uczelni.

Rycina 6.17 prezentuje wpływ najważniejszych czynników krajobrazowych na atrakcyjność tego subryнку. Wzrost odległości od obiektów kultury związany jest



RYC. 6.16: Oszacowany wpływ na wartość m<sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 3.

z silnym spadkiem atrakcyjności krajobrazu. Podobnie jak w przypadku subrynków drugiego wzrost odległości od kominów podnosi poziom atrakcyjności krajobrazu.



RYC. 6.17: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subrynków 3.

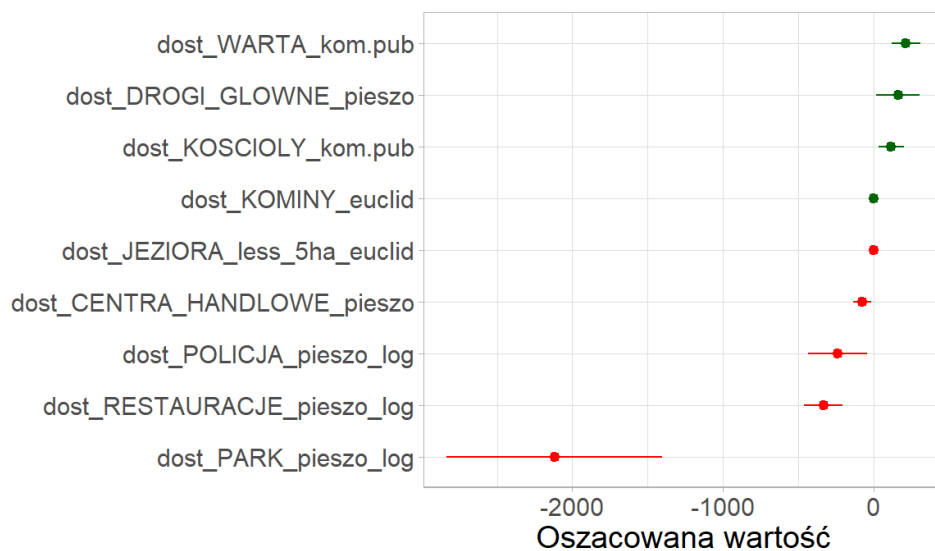
Interesujący jest wykres ukazujący relację między odległością od posterunku policji, a ceną  $m^2$  nieruchomości. Wynika z niego, że w odległości mierzonej czasem dojścia pieszo między 5, a 8 minut następuje silny spadek atrakcyjności miejsca zamieszkania, co najprawdopodobniej wynika z wpływu innego czynnika przestrzennego.

#### Subrynek 4 - Piątkowo

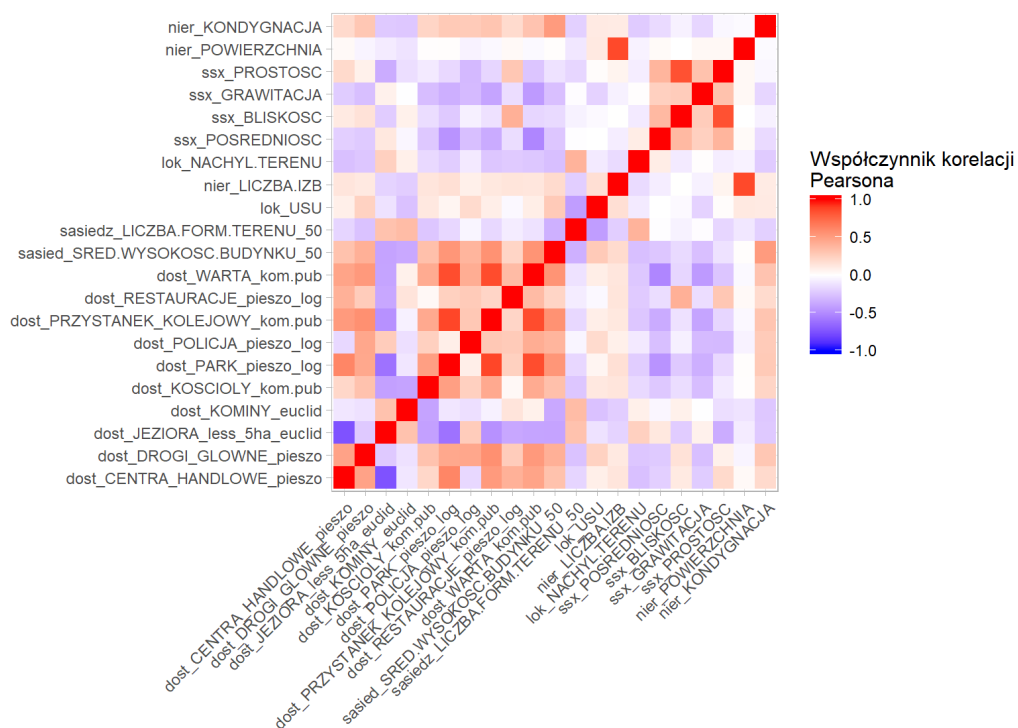
Czwarty subrynek obejmuje północny obszar miasta od jeziora Kierskiego na zachodzie po rzekę Wartę na wschodzie. Transakcje kupna/sprzedaży nieruchomości w tym obszarze są zlokalizowane przede wszystkim w granicach osiedli Piątkowo, Podolany (nowe osiedle wielorodzinne), Jana III Sobieskiego i Marysieńki oraz na północ od rezerwatu przyrody Żurawiniec (Ryc. 3.3). Model regresji liniowej wykazuje w tym przypadku dopasowanie do danych mierzone współczynnikiem determinacji  $R^2$  równym 0,42.

Wartości współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności zaprezentowane zostały na rycinie 6.18. Zgodnie z oszacowanym modelem wraz ze wzrostem odległości od rzeki Warty, dróg głównych, kościołów i kominów poziom atrakcyjności zabudowy mieszkalnej maleje. Wzrost atrakcyjności można odnotować wraz ze wzrostem odległości od restauracji, parków oraz (co sprzeczne z dotychczasowymi wynikami) do posterunków policji.



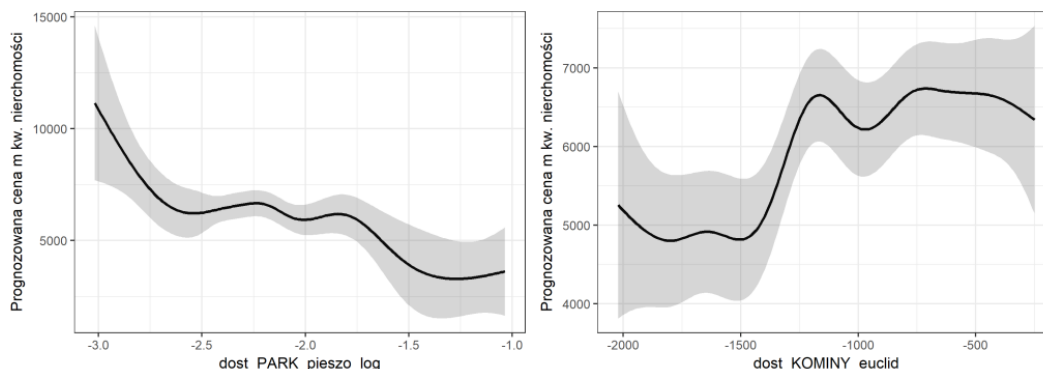


RYC. 6.18: Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subrynków nr 4.



RYC. 6.19: Wartość korelacji Pearsona dla zmiennych użytych w modelu wewnątrz subrynków nr 4.

W oparciu o wybrane w modelu regresji liniowej zmienne niezależne opracowany został zgeneralizowany model addytywny o współczynniku  $R^2$  równym 0,56. Wpływ wybranych zmiennych krajobrazowych istotnych statystycznie przedstawiony został na rycinie 6.20. Pozostałe ryciny znajdują się na załączonej płycie DVD.



RYC. 6.20: Oszacowany wpływ na wartość  $m^2$  nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 4.

Bliskie sąsiedztwo parków, które w przypadku modelu regresji liniowej wskazywało na wyraźny negatywny wpływ na atrakcyjność, zyskuje potwierdzenie w przypadku modelu addytywnego. Odległość od kominów posiada nieco bardziej skomplikowaną relację z ceną  $m^2$  nieruchomości. Do odległości ok 1 250 m od kominów cena  $m^2$  nieruchomości jest wysoka, następnie między 1 250 a 1 500 m następuje gwałtowny spadek, a potem stabilizacja cen. Pozytywny wpływ kominów na ceny nieruchomości może być faktycznie związany z miejscowym rynkiem pracy oferowanym przez dany podmiot gospodarczy (fabryki, oczyszczalnia, itp.).

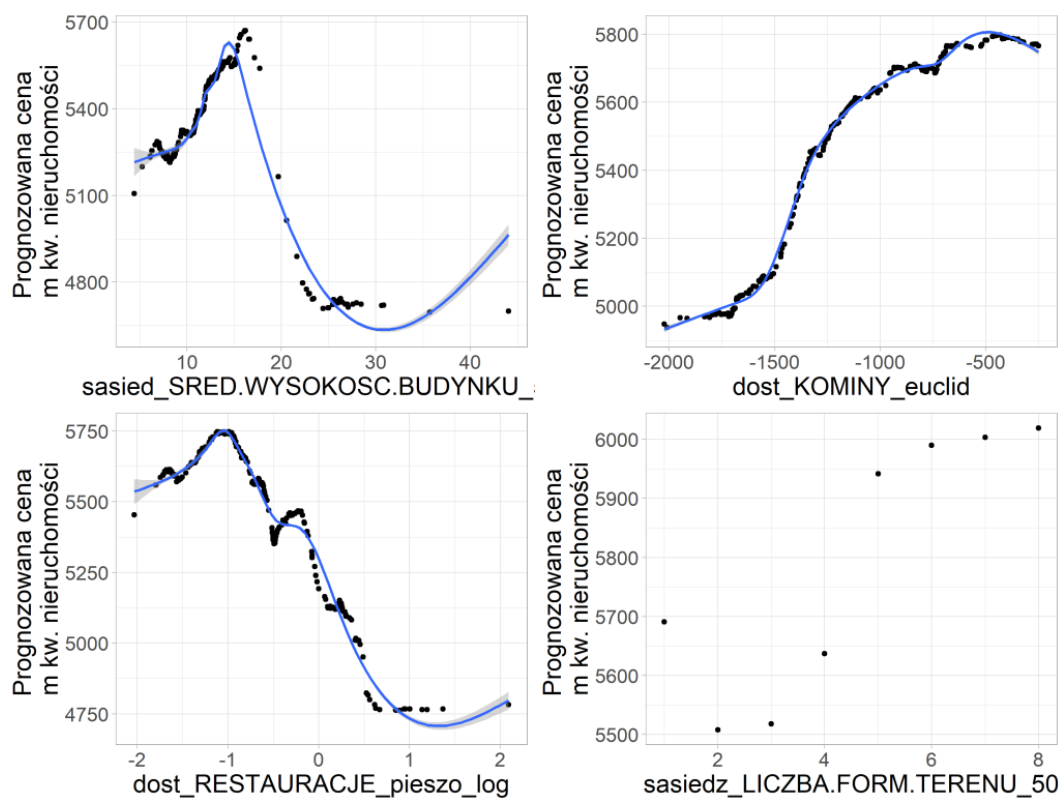
W obrębie czwartego subryнку do najważniejszych czynników kształtujących cenę  $m^2$  nieruchomości, uznanych w wyniku modelowania metodą lasów losowych, zaliczone zostały: średnia wysokość budynków w promieniu 50 m, liczba izb, kondygnacja i powierzchnia mieszkania, odległość od kominów, liczba form ukształtowania terenu w promieniu 50 m oraz odległość od restauracji.

Na rycinie 6.21 ukazano wpływ najważniejszych czynników krajobrazowych oddziałujących na poziom atrakcyjności zabudowy mieszkalnej w czwartym subryнку. Interesujące jest, że w obrębie tego subryнку bardzo istotny wpływ na ceny nieruchomości posiadają charakterystyki związane z sąsiedztwem, a nie lokalizacją. Niższe budynki w sąsiedztwie oraz większe różnicowanie form ukształtowania terenu kształtują w znacznym stopniu ceny  $m^2$  nieruchomości. Podobne wyniki uzyskano w modelowaniu metodą regresji liniowej (Ryc. 6.22).

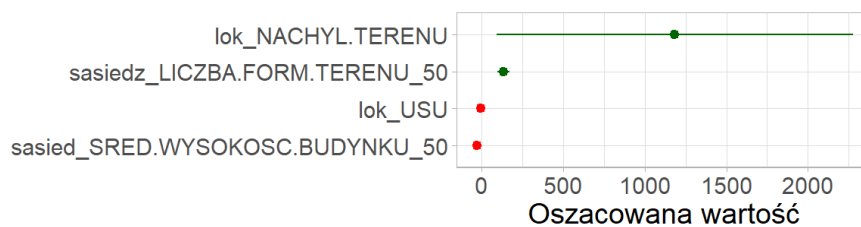
#### **Subrynek 5 - Łazarz**

Na podstawie transakcji kupna/sprzedaży zrealizowanych w obrębie subryнку nr 5 otrzymano model regresji liniowej o współczynniku determinacji  $R^2$  równym 0,35. Lokalizacje transakcji kupna/sprzedaży są równomiernie rozmieszczone w całym obszarze (Ryc. 3.3).

Współczynniki kierunkowe modelu regresji liniowej (zob. ryc. 6.23) wykazują pozytywny wpływ węzła komunikacyjnego Most Teatralny, kominów, linii tramwajowych, szkół ponadpodstawowych, obiektów kultury fizycznej, bibliotek i muzeów, straży pożarnej, małych jezior oraz przystanków kolejowych. Negatywny



RYC. 6.21: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 4.



RYC. 6.22: Wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości wybranych na podstawie modelu regresji liniowej czynników krajobrazowych dotyczących lokalizacji wewnątrz subryнку 4.

wpływ na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej mają tu parki, linie kolejowe, koszary wojskowe, zajezdnie tramwajowe, targowiska, Międzynarodowe Targi Poznańskie, centrum miasta, szpitale oraz uczelnie.

W przypadku tego subryнку bliskie sąsiedztwo węzła komunikacyjnego Mostu Teatralnego poprawia atrakcyjność zabudowy mieszkalnej. Zwraca to szczególną uwagę ponieważ sama lokacja posiada niejednoznaczny charakter z punktu widzenia teorii modelowania hedonicznego cen nieruchomości - z jednej strony stanowi o doskonałej dostępności okolicy, z drugiej jest źródłem hałasu i niedogodności związanych z dużym natężeniem ruchu. Równie interesujący jest pozytywny wpływ szkół ponadpodstawowych, które w modelu holistycznym posiadały negatywny wpływ na atrakcyjność.

Bliskie sąsiedztwo stacji straży pożarnej posiada pozytywny wpływ podobnie jak wskazane wcześniej posterunki policji, które mogą poprawiać poczucie bezpieczeństwa mieszkańców, choć jednocześnie zwraca uwagę fakt, że koszary posiadają odwrotny wpływ obniżając atrakcyjność w najbliższym sąsiedztwie.

Na podstawie zmiennych wybranych w trakcie regresji krokowej wstecznej opracowano model GAM o wartości współczynnika  $R^2$  równym 0,52. Model ten wykorzystuje znaczną liczbę zmiennych przestrzennych. Wpływ wybranych czynników krajobrazowych zaprezentowany został na rycinie 6.24.

Model GAM wykazuje pozytywny wpływ jezior na atrakcyjność, wraz z odległością od których niemal liniowo maleje cena  $m^2$  nieruchomości. Podobny liniowy charakter wykazuje czynnik prostoliniowego przebiegu dróg. Wpływ obecności targowisk wykazuje logarytmiczny charakter, obniżając znacząco atrakcyjność w bliskim sąsiedztwie. Uwagę zwraca również relacja z pośrednią miarą dostępności jaką jest 'bliskość' (*space syntax*), wraz ze wzrostem której maleje atrakcyjność. Negatywny wpływ na atrakcyjność wykazują również zajezdnie tramwajowe.

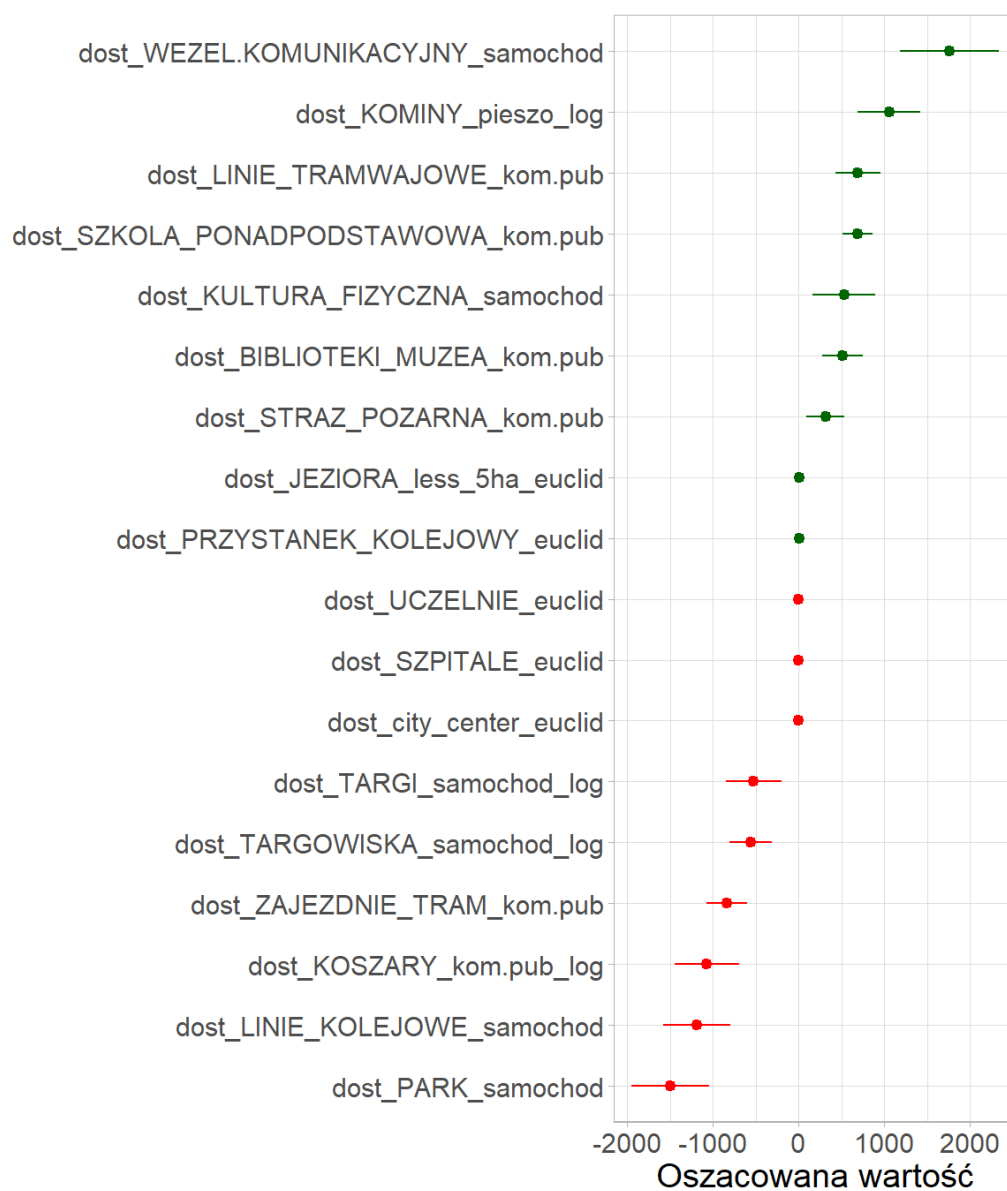
Interesującym zjawiskiem według modelu GAM jest wpływ odległości od budynków uczelni na atrakcyjność miejsca zamieszkania. W odległości ok 300 m następuje wzrost cen  $m^2$  nieruchomości, następnie zaś spada do 1 km, by znów zacząć wzrastać. Kształt tej funkcji wynika najprawdopodobniej z przejęcia wpływu innych czynników przestrzennych występujących na tych odległościach.

Wśród zmiennych przestrzennych posiadających największy wpływ na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку 5 (według modelu lasów losowych) należą odległość od targowisk, obiektów kultury fizycznej, zajezdni tramwajowej i linii kolejowych. Bliskie sąsiedztwo targowisk (w granicach 1 minuty czasu dojazdu samochodem) posiada silny negatywny wpływ na atrakcyjność. Podobna sytuacja ma miejsce również w przypadku linii kolejowych. Na rycinie 6.25 ukazano wpływ wybranych czynników krajobrazowych na kształtowanie się ceny  $m^2$  nieruchomości będącej proxy atrakcyjności zabudowy mieszkalnej w piątym subryнку.

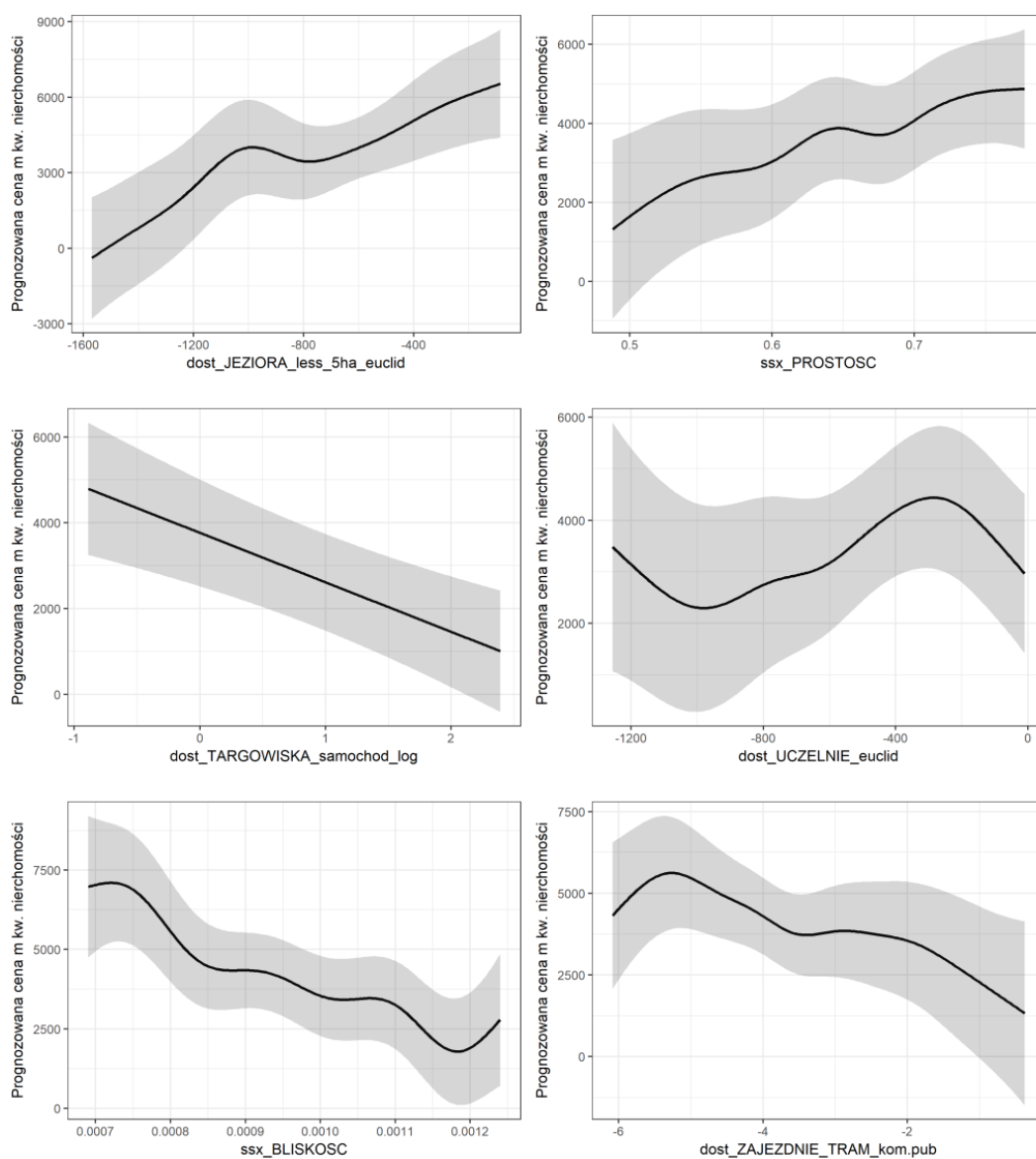
### **Subrynek 6 - Jeżyce/Ogrody**

Szósty subrynek obejmuje obszar osiedla Jeżyce oraz część osiedla Ogrody. Transakcje są tu równomiernie rozmieszczone (Ryc. 3.3), co pozwala lepiej interpretować wyniki modelu w kontekście całego subryнку. Współczynnik determinacji otrzymany dla modelu regresji liniowej wznosi 0,38, a więc jest nieco wyższy od wartości otrzymanej w modelu holistycznym.

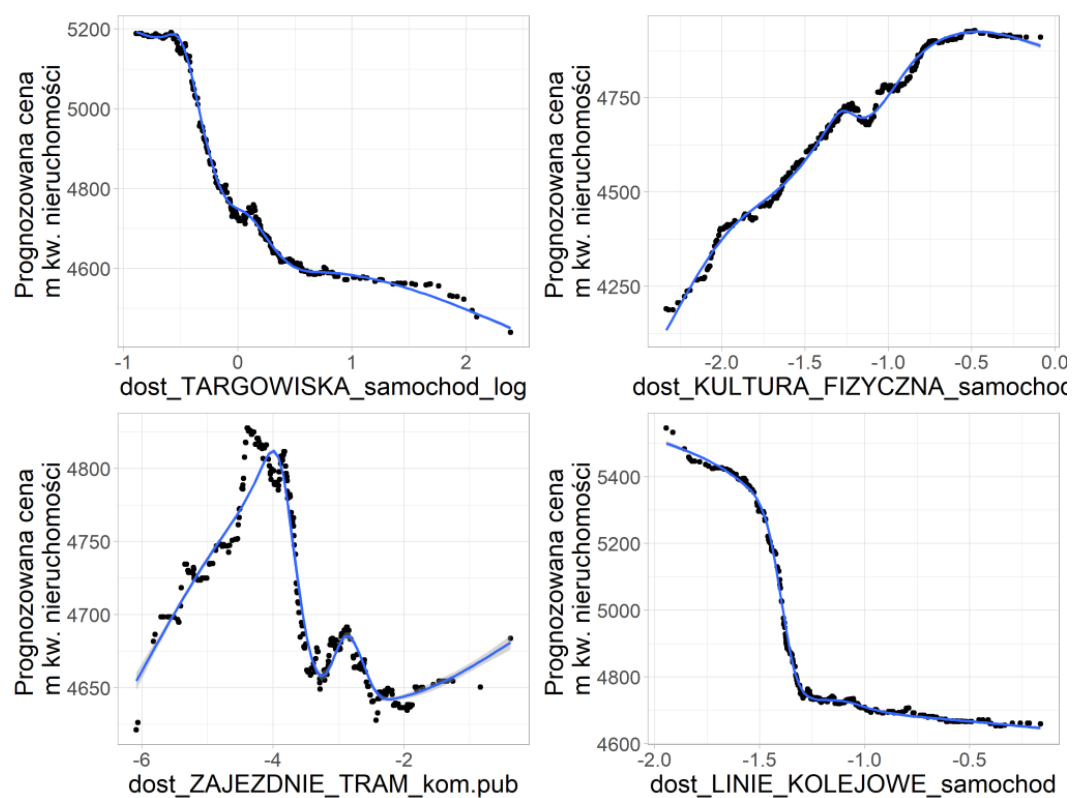
Według opracowanego modelu pozytywny wpływ na atrakcyjność krajobrazu mierzona ceną  $m^2$  nieruchomości posiadają: węzeł komunikacyjny (Most Teatralny),



RYC. 6.23: Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subrynków nr 5.



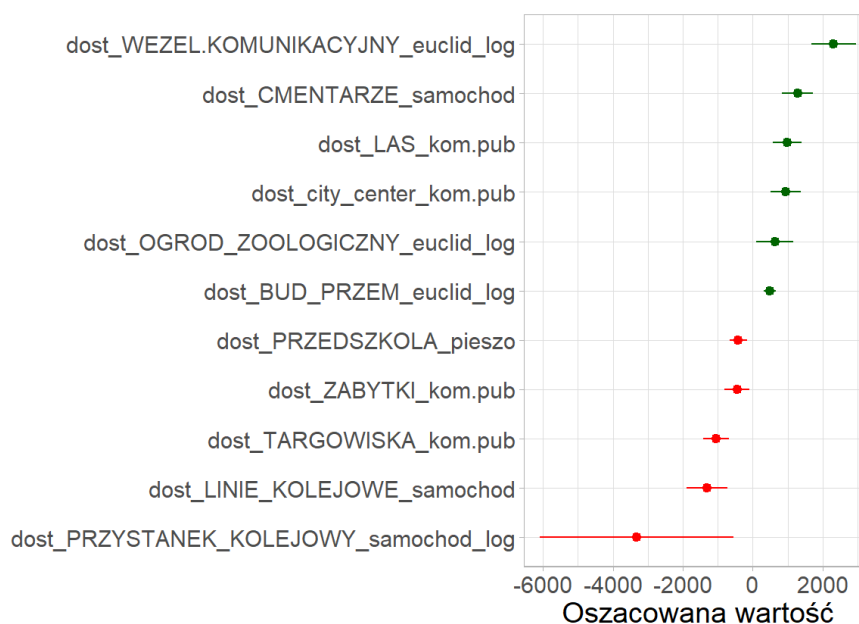
RYC. 6.24: Oszacowany wpływ na wartość  $m^2$  nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 5.



RYC. 6.25: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 5.

bliskość cmentarzy, lasu, centrum miasta, ogrodu zoologicznego oraz budynki przemysłowe. Wszystkie wymienione zmienne zgodne są z dotychczasowymi badaniami, poza ostatnią to jest sąsiedztwem budynków przemysłowych. Ich relacja funkcyjna z ceną m<sup>2</sup> nieruchomości została określona jako logarytm odległości euklidesowej, co może być związane z odległością do miejsc pracy.

Negatywny wpływ na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej wykazują stacje i linie kolejowe, targowiska, zabytki oraz przedszkola. Należy jednak zwrócić uwagę, że w przypadku przystanków kolejowych wartości logarytmu czasu dojazdu do dworca znajdują się poza strefą największego zróżnicowania, przez co posiadają silną korelację z wieloma innymi czynnikami (węzeł komunikacyjny: 0,78, centrum miasta: 0,66).



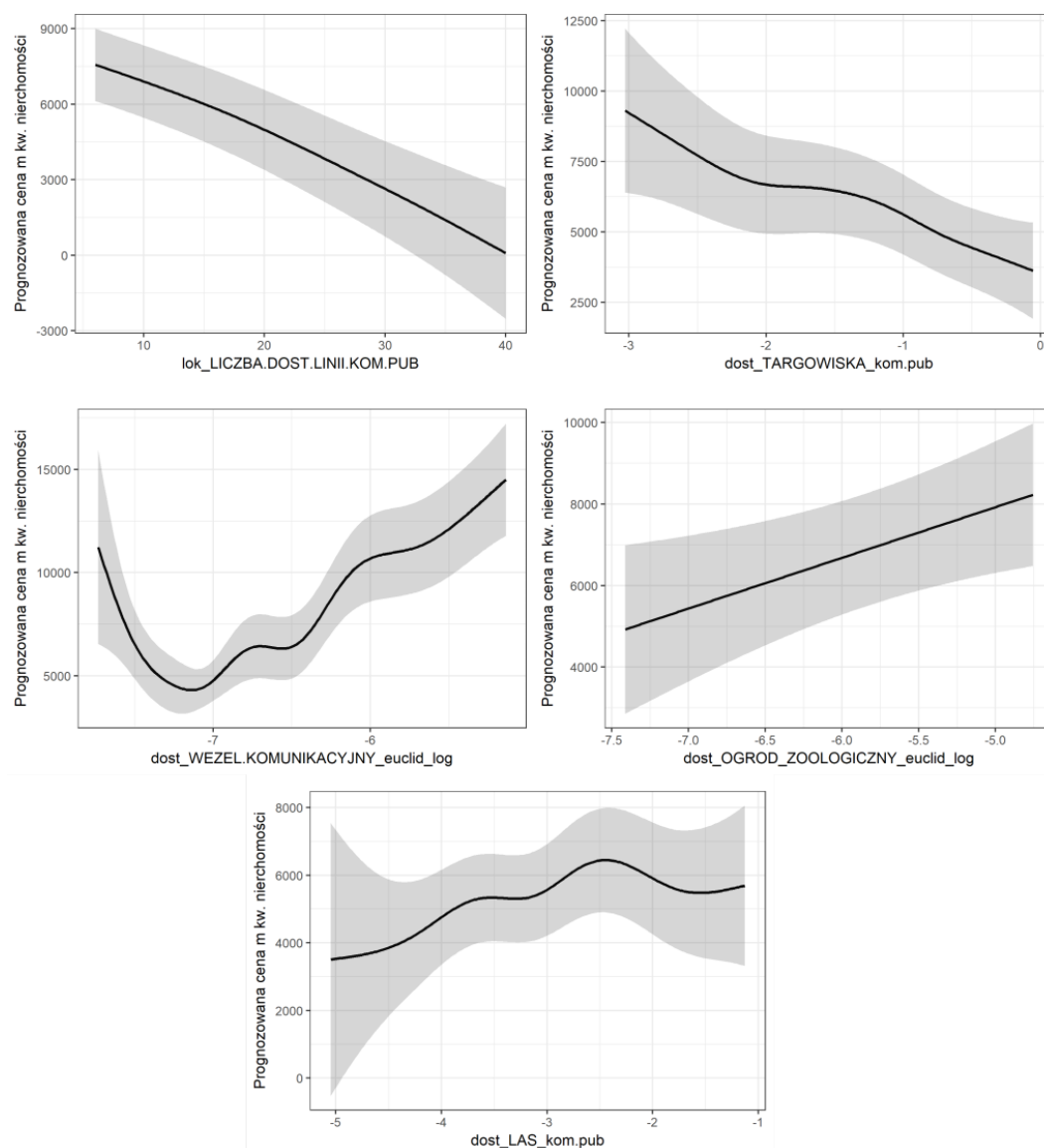
RYC. 6.26: Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subrynu nr 6.

Opracowany, na podstawie wybranych do modelowania regresji liniowej zmiennych, model GAM posiada współczynnik determinacji  $R^2$  równy zaledwie 0,47. Na rycinie 6.27 zaprezentowano wpływ wybranych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania według tego modelu.

Mimo dość niskiego współczynnika determinacji zaobserwować można wyraźny liniowy charakter wielu analizowanych zmiennych (Ryc. 6.27). Poziom atrakcyjności miejsca zamieszkania maleje wraz ze wzrostem odległości od głównego węzła komunikacyjnego (Most Teatralny), ogrodu zoologicznego i lasu. Wzrost atrakcyjności związany jest natomiast ze wzrostem odległości od targowisk i dostępnością linii komunikacji publicznej, co może być związane z natężeniem ruchu i związanym z nim hałasem.

Kierunek nachylenia wykresu funkcji otrzymanych w wyniku modelowania addytywnego jest tożsamy z kierunkiem nachylenia uzyskanym dla modelu regresji liniowej, co utwierdza w poprawności interpretacji uzyskanych wyników.



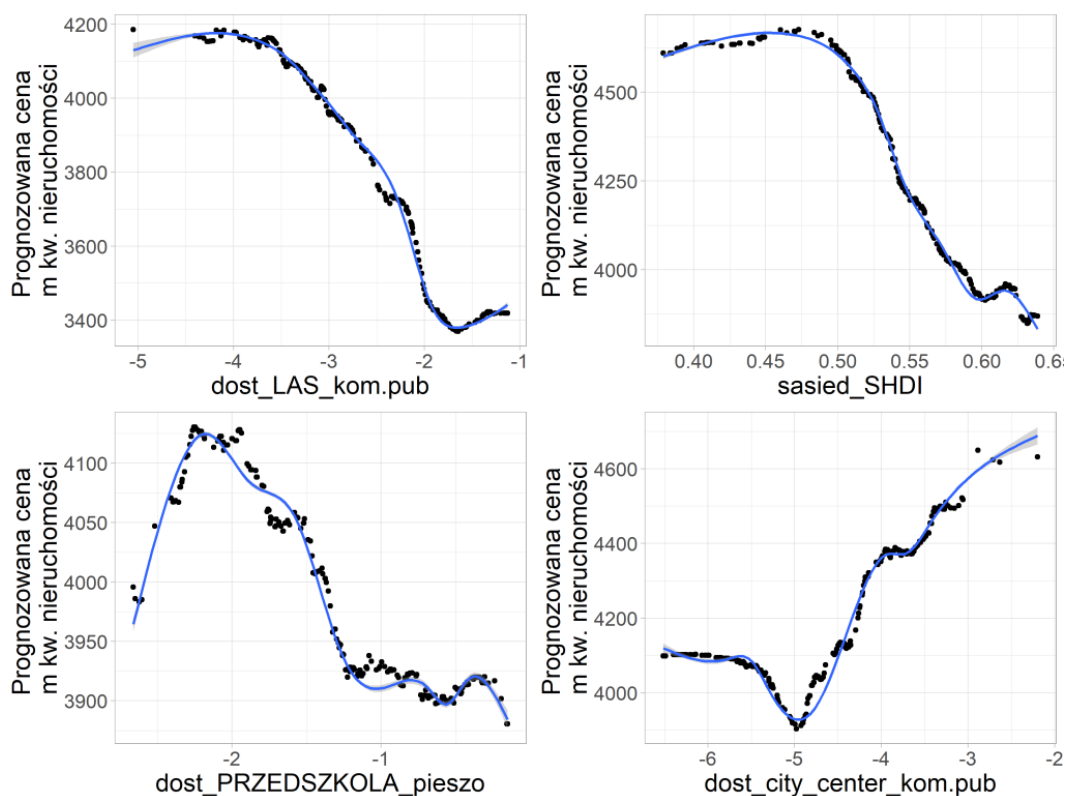


RYC. 6.27: Oszacowany wpływ na wartość m<sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subrynku nr 6.

Model lasów losowych wykazał, że największy wpływ na ceny  $m^2$  nieruchomości spośród analizowanych czynników posiadają przede wszystkim dane strukturalne w postaci liczby izb oraz piętra, na którym znajduje się mieszkanie. Z czynników krajobrazowych największy wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania ma odległość od lasów, różnorodność pokrycia terenu mierzona wskaźnikiem różnorodności biologicznej Shannona, odległość od centrum miasta i przedszkoli. Najistotniejsze zmienne przestrzenne przedstawione zostały na rycinie 6.28.

Jak w poprzednich modelach, bliskie sąsiedztwo przedszkoli wpływa znacząco na zmniejszenie atrakcyjności miejsca zamieszkania obniżając cenę  $m^2$  nieruchomości nawet o 200 zł w zasięgu odległości dwóch minut przebycia pieszo. Zgodna z poprzednimi wynikami jest także relacja między ceną  $m^2$ , a odległością od centrum.

Na szczególną uwagę zwracają jednak relacje ze zróżnicowaniem pokrycia terenu (SHDI) oraz dostępnością do lasu - obie niezgodne z literaturą i spodziewanymi wynikami. W szóstym subryнку bliskie sąsiedztwo lasu (podobnie jak wysokie zróżnicowanie terenu) obniża atrakcyjność zabudowy mieszkalnej. W przypadku pokrycia terenu wynika to z faktu, iż wysokie wartości SHDI związane są z dużymi płacami zwartych budynków, natomiast odległość od lasów jest silnie odwrotnie skorelowana z odległością od centrum (-0,75).

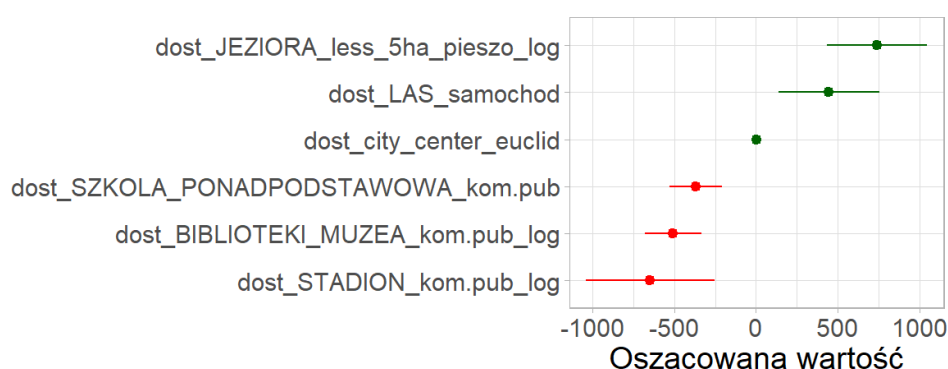


RYC. 6.28: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 6.

### Subrynek 7 - Junikowo

Siódmy subrynek znajduje się na południowo-zachodnich peryferiach Poznania. Model regresji liniowej posiada współczynnik determinacji  $R^2$  równy 0,38. Zdecydowana większość transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości znajduje się w granicach osiedla Grunwald Południe pozostawiając znaczną część subryнку - Junikowo, osiedle Kwiatowe i Świerczewo słabiej opróbkowanych (Ryc. 3.3).

Rycina 6.34 ukazuje oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla czynników związanych z dostępnością obiektów. Pozytywne dominanty krajobrazowe według modelu to jeziora, las i centrum miasta. Negatywny wpływ na atrakcyjność krajobrazu posiadają szkoły ponadpodstawowe, biblioteki i muzea oraz stadion sportowy.



RYC. 6.29: Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 7.

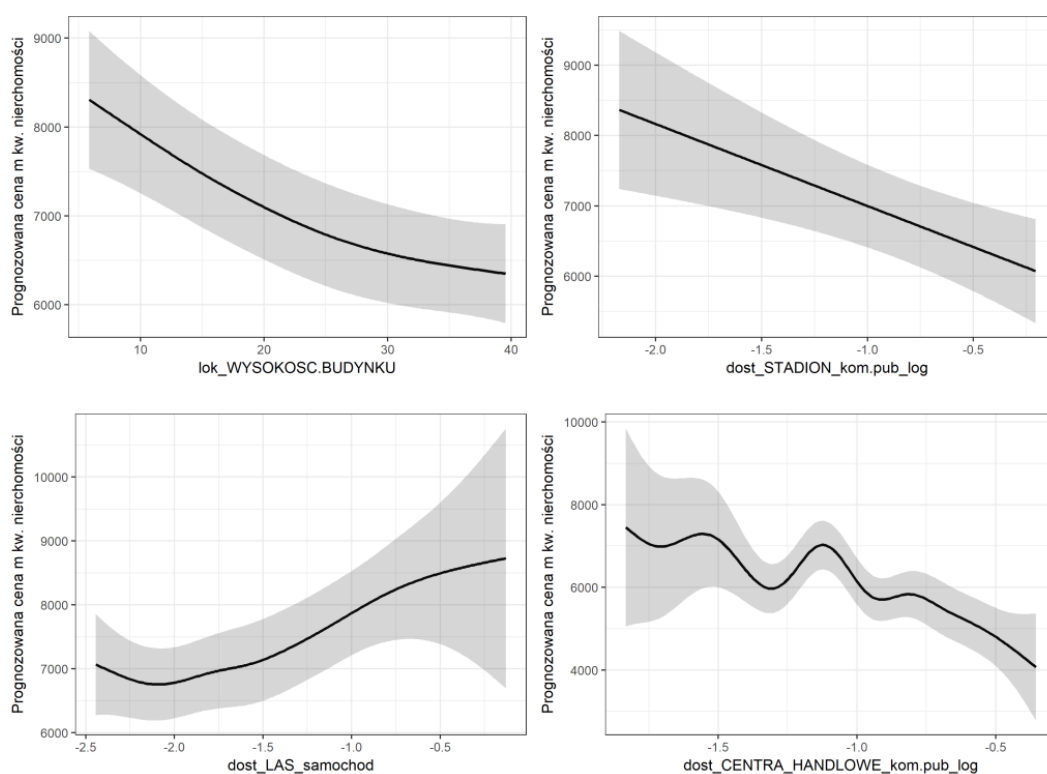
Wykorzystując zmienne wybrane podczas regresji krokowej wstecznej do modelu regresji liniowej utworzono model GAM o współczynniku determinacji  $R^2$  równym 0,53. Wpływ wybranych zmiennych krajobrazowych zaprezentowany został na rycinie 6.30.

Ukazane na rycinie 6.30 funkcje potwierdzają wcześniejsze wnioski dotyczące wpływu szkół ponadpodstawowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania, wg których wraz ze wzrostem odległości od szkół atrakcyjność wzrasta. Krzywa prezentująca zależność ceny  $m^2$  nieruchomości względem odległości od lasu sugeruje wyższy poziom atrakcyjności w bliskim sąsiedztwie lasu (ok 1 minuty czasu dojazdu samochodem), jak również wzrost atrakcyjności wraz ze wzrostem odległości od centrów handlowych.

Z analizy modelu lasów losowych wynika, że z czynników przestrzennych na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej wpływ mają przede wszystkim czynniki krajobrazowe: wysokość budynku, w którym znajduje się mieszkanie, odległość lasów, centrum miasta i centrów handlowych.

Podobnie jak w wielu innych obszarach bliskie sąsiedztwo centrów handlowych wywiera negatywny wpływ na poziom atrakcyjności miejsca zamieszkania. W siódmym subryнку natomiast wzrost odległości od lasu obniża poziom atrakcyjności, co zgadza się z zaobserwowanym w literaturze trendem (Kronenberg, 2012).

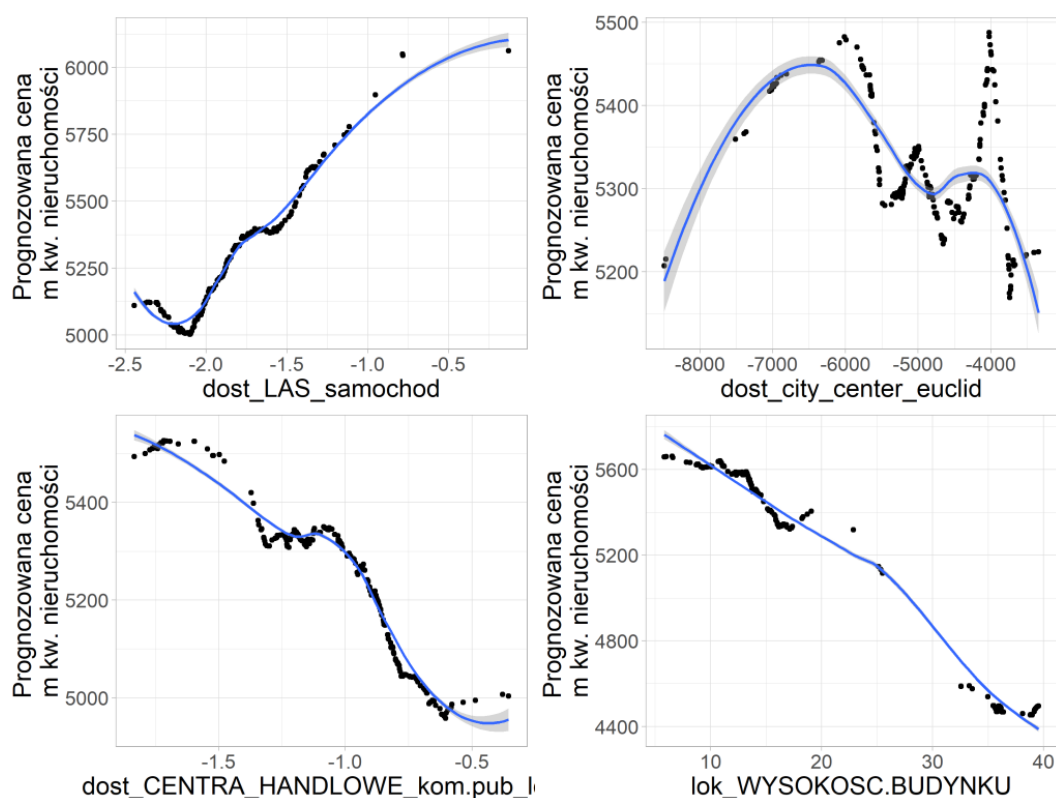
W tym obszarze im niższy budynek, w którym znajduje się nieruchomość, tym wyższa jest cena  $m^2$  mieszkania. Odnotowany spadek ma tu charakter liniowy, obniżający wartość o około 1 000 zł między budynkami najniższymi, a tymi o wysokości



RYC. 6.30: Oszacowany wpływ na wartość m<sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 7.

40 m, co może być również związane ze strukturą wiekową budynków do której to informacji brak jednak dostępu.

Wraz ze wzrostem odległości od centrum zaobserwować można niewielki wzrost atrakcyjności miejsca zamieszkania. Zauważyć jednak należy, że wzrost ten wynosi zaledwie ok 250 zł/m<sup>2</sup> oraz ma miejsce między 4 a 6 kilometrami od centrum. Na odległości ok 4 km od centrum widać nagły skok atrakcyjności, który może być związany z wystąpieniem małego skweru zieleni przy ulicy Słonecznej oraz ogródków działkowych. Przebieg funkcji wyraźnie sugeruje istnienie innych czynników na wybranych odległościach, które wpływają na kształt funkcji odzwierciedlającej relacje między odległością od centrum, a cenami nieruchomości.

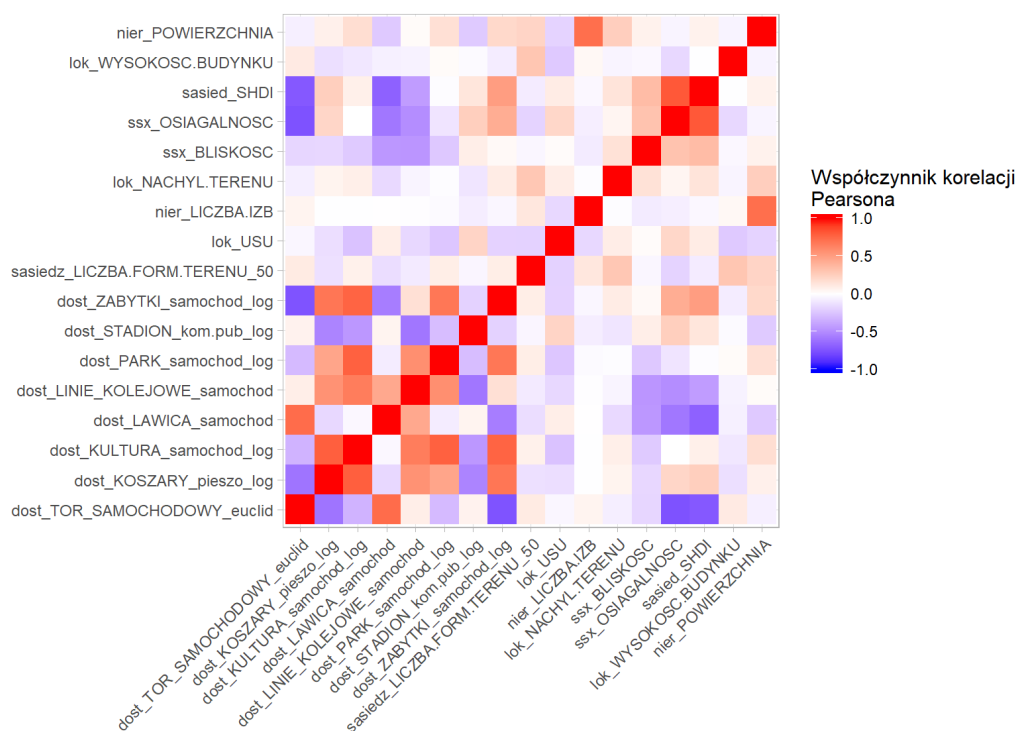


RYC. 6.31: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subrynku 7.

### Subrynek 8 - Ławica

Ósmy subrynek posiada jeden ze słabszych współczynników determinacji  $R^2$  z opracowanych modeli regresji liniowej dla subrynków równy 0,23. Wynika to z sytuacji, w której większość transakcji skoncentrowanych jest w jednym miejscu - w dzielnicy Grunwald Północ, która posiada niewielkie zróżnicowanie przestrzenne zmiennych niezależnych. Transakcje dokonane zostały głównie między ulicami Bułgarską i Bukowską (Ryc. 3.3). Niska zmienność czynników przestrzennych potwierdzona jest wysokimi współczynnikami korelacji pomiędzy zmiennymi przestrzennymi (Ryc. 6.32).

Zgeneralizowany model addytywny opracowany na podstawie zmiennych (wybranych podczas regresji krokowej wstecznej) nie uzyskał znaczącej poprawy wyników. Jego współczynnik determinacji wynosi 0,35, co stanowi najniższy wynik ze



RYC. 6.32: Wartość korelacji Pearsona dla zmiennych użytych w modelu wewnątrz subrynków nr 8.

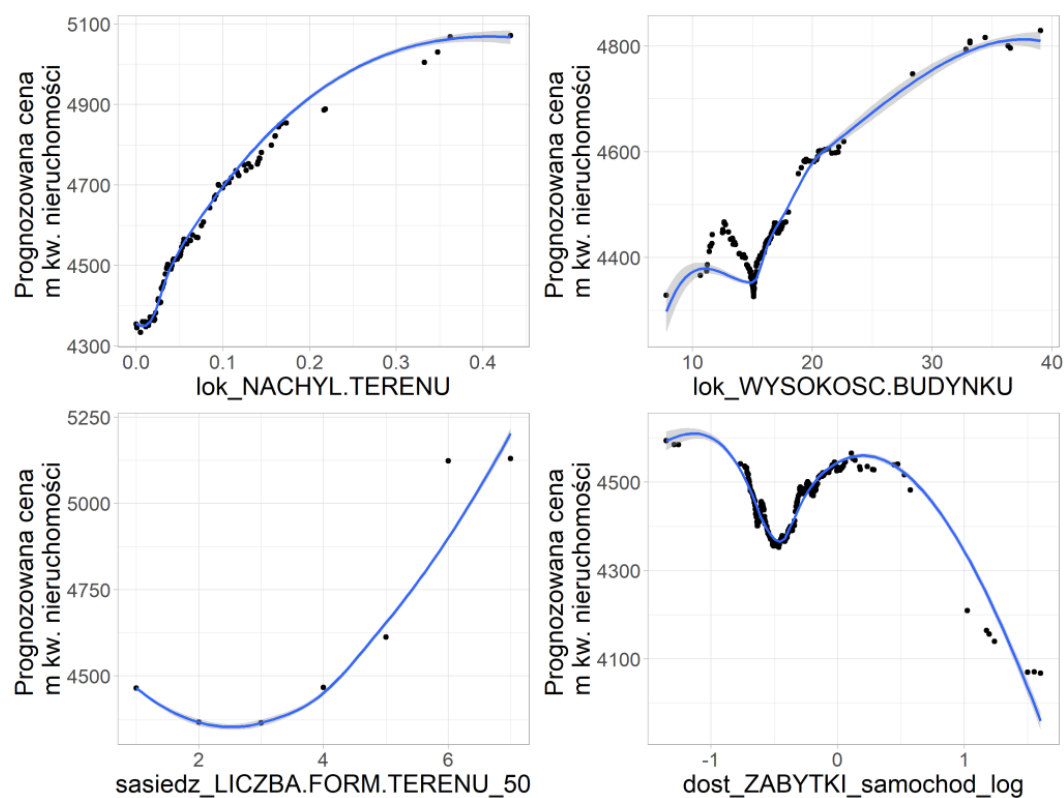
wszystkich analizowanych subrynków. Wykresy prezentujące wpływ poszczególnych czynników na atrakcyjność subrynków zamieszczono na załączonej płycie DVD, jednak w pracy nie zostaną poddane interpretacji ze względu na niską jakość modelu.

Spośród czynników krajobrazowych mających wpływ na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej w ósmym subrynku największy wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości mają nachylenie terenu oraz liczba form ukształtowania terenu w promieniu 50 m.

Mimo niskiej jakości modelu na rycinie 6.33 ukazano wpływ czterech czynników przestrzennych o największym wpływie (według modelu lasów losowych) na oszacowaną atrakcyjność miejsca zamieszkania. Na uwagę zwraca fakt, iż nachylenie terenu posiada największy wpływ na zmienność ceny m<sup>2</sup> nieruchomości w tym obszarze. Większy nawet niż czynniki strukturalne takie jak powierzchnia mieszkania czy liczba izb. Wraz ze wzrostem nachylenia terenu wzrasta atrakcyjność mierzona ceną m<sup>2</sup> nieruchomości o ok 700 zł między terenami płaskimi a najbardziej stromo nachylonymi.

Ponadto, wraz ze wzrostem liczby form ukształtowania terenu wzrasta w nim średnia cena m<sup>2</sup> mieszkania z poziomu 4 500 zł do ponad 5 000 zł. Trend ten zgadza się z trendami obserwowanym w innych subrynkach, gdzie zróżnicowanie rzeźby terenu wykazuje wyraźny pozytywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania.

Interesująca jest wykazana relacja pomiędzy wysokością budynków, a ceną mieszkań. W przeciwieństwie do obserwowanych relacji w pozostałych obszarach, w przypadku ósmego subrynku wyższe budynki charakteryzują się wyższą ceną m<sup>2</sup>. Należy jednak zwrócić uwagę, że wpływ tej zmiennej jest stosunkowo niewielki, różnicujący ceny zaledwie o 400 zł dla skrajnych wysokości.



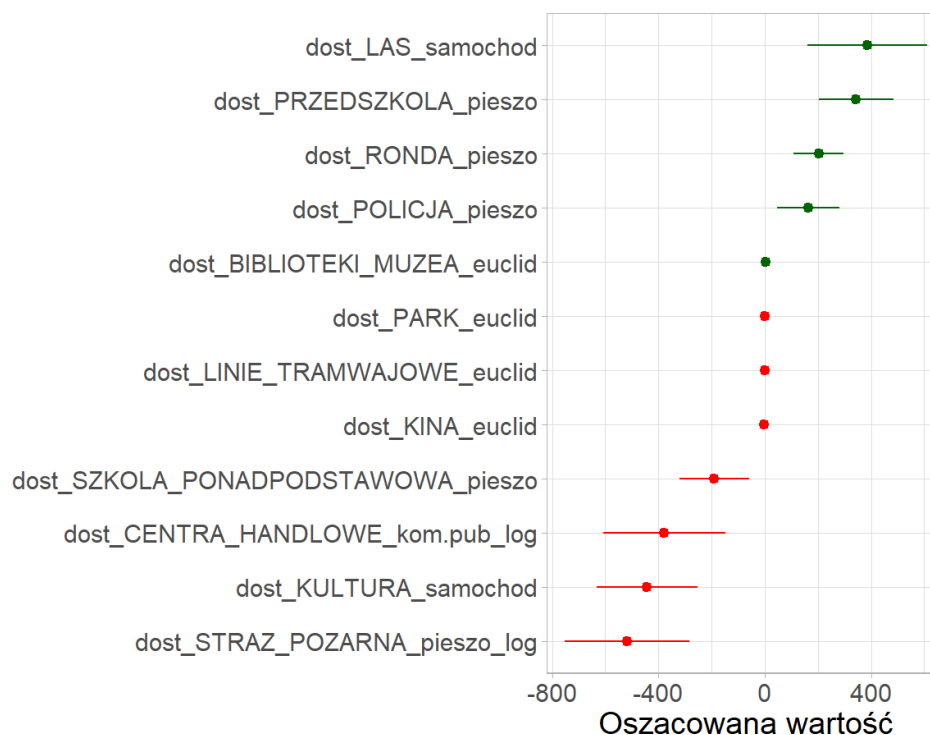
RYC. 6.33: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subrynków 8.

**Subrynek 9 - Nowe Miasto**

Dziewiąty subrynek posiada najwyższy współczynnik determinacji  $R^2$  ze wszystkich uzyskanych modeli regresji liniowej równy 0,67. Transakcje skupione są tu w obszarze Nowego Miasta, na osiedlach Rataje, Żegrze i Chartowo (Ryc. 3.3). Dalsza część wyznaczonego subryнку - osiedle Szczepankowo posiada zaledwie 5 transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości, dlatego model ten nie będzie dobrze dopasowany do tego rejonu. Niska reprezentatywność tego obszaru wynika z przewagi zabudowy jednorodzinnej.

Według uzyskanego modelu regresji liniowej pozytywny wpływ na atrakcyjność krajobrazu posiadają lasy, przedszkola, ronda (główne węzły komunikacyjne w subryнку), posterunki policji oraz biblioteki i muzea (Ryc. 6.34). Zauważyć należy, że rejon Nowego Miasta charakteryzuje się dużym udziałem osób starszych. Może z tego wynikać inna niż w pozostałych subrynkach relacja atrakcyjności z dostępnością przedszkoli oraz bibliotek i muzeów. Młodzi rodzice często zostawiają dzieci w przedszkolach blisko miejsc pracy ale, jeśli mogą skorzystać z pomocy dziadków, dostępność pieszka z domu do przedszkoli zaczyna stanowić zaletę.

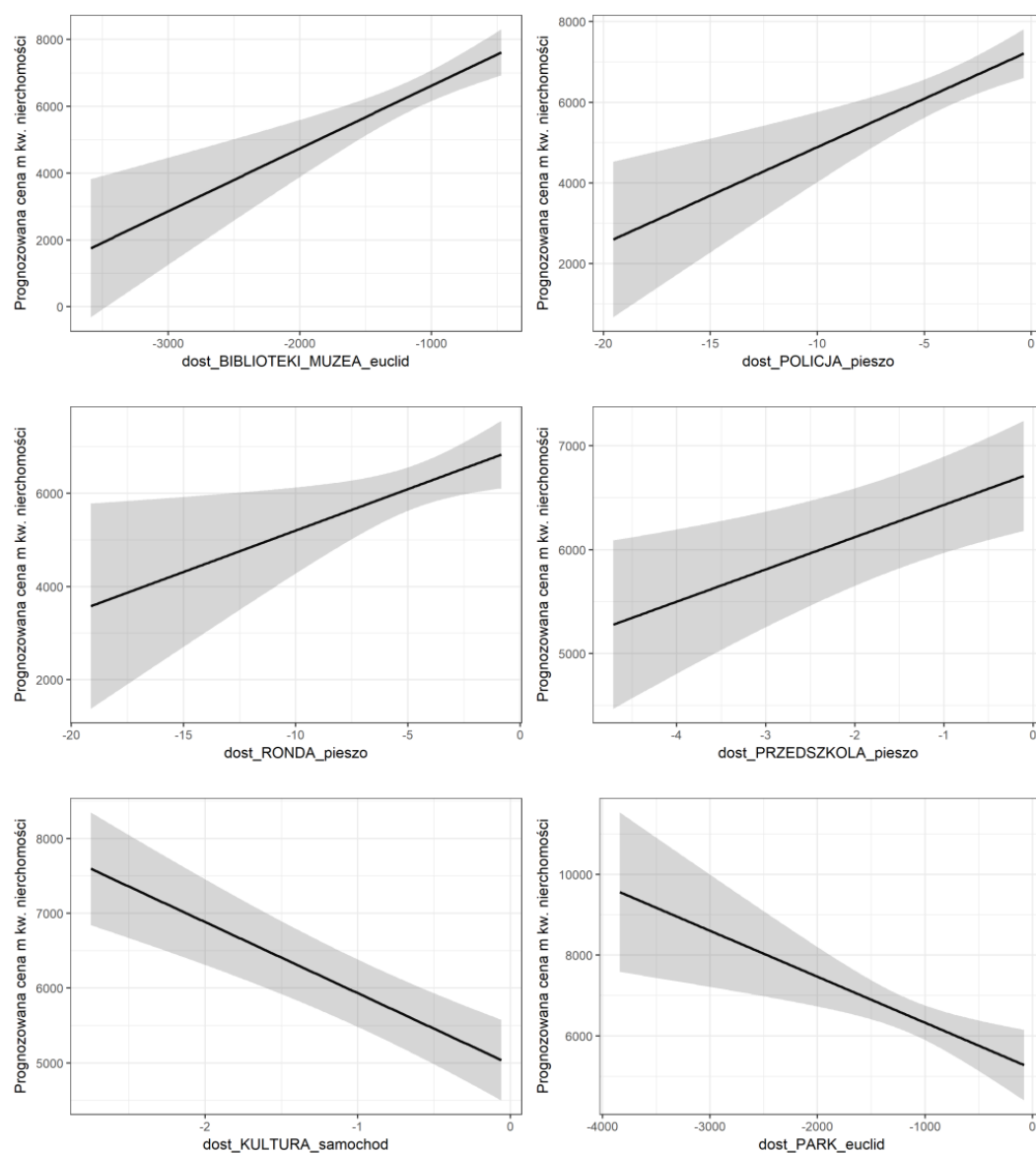
Do negatywnych dominant krajobrazowych zaliczono tu bliskie sąsiedztwo straży pożarnej, obiekty kultury, centra handlowe, szkoły ponadpodstawowe, kina, linie tramwajowe oraz parki. Należy jednak zwrócić uwagę, że odległość od parków jest silnie skorelowana z odległością od centrum (0,74).



RYC. 6.34: Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 9.

Model GAM otrzymany na podstawie zmiennych wykorzystanych w modelu regresji liniowej uzyskał współczynnik determinacji 0,73, a więc niewiele wyższy niż model regresji liniowej. Wpływ wybranych zmiennych na atrakcyjność miejsca zamieszkania został zaprezentowany na rycinie 6.35.

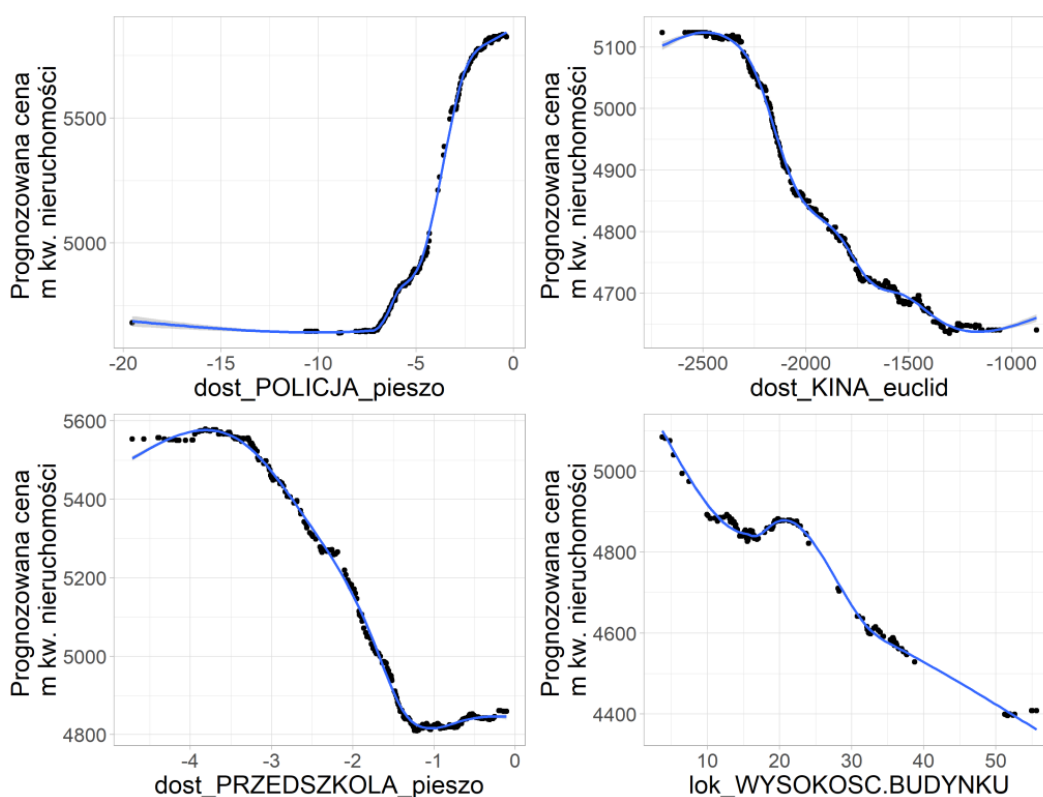




RYC. 6.35: Oszacowany wpływ na wartość  $m^2$  nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subrynków nr 9.

Pozytywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania mierzona ceną  $m^2$  nieruchomości wykazują m.in. bliskość przedszkoli, rond (będące istotnymi węzłami komunikacyjnymi), posterunków policji oraz bibliotek i muzeów. Negatywny wpływ odnotowano dla parków i obiektów kultury. Kierunek nachylenia wykresów tych funkcji zgodny jest z modelem regresji liniowej oraz dotychczasowymi ustaleniami literatury przedmiotu badań, choć w przypadku odległości od parku może zaważyć silna korelacja z odległością od centrum.

Dziewiąty subrynek posiada jeden z lepiej dopasowanych modeli do danych treningowych. Na podstawie modelu lasów losowych ustalono, że najważniejszymi czynnikami krajobrazowymi wpływającymi na wartość nieruchomości w tym obszarze są odległość od posterunków policji, przedszkoli, kin oraz wysokość budynku. Wpływ najważniejszych zmiennych na cenę  $m^2$  nieruchomości został przedstawiony na rycinie 6.36.



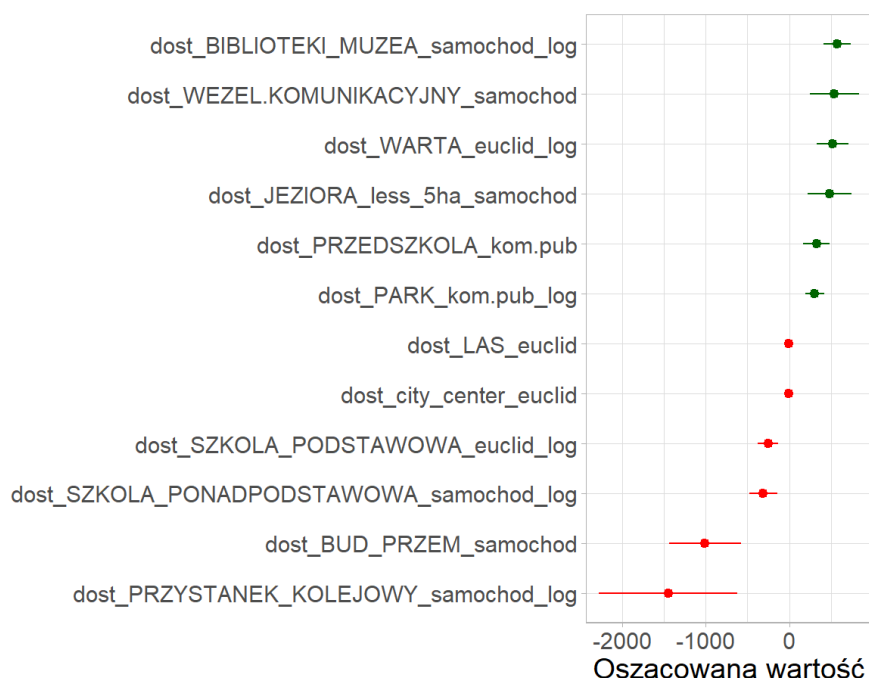
RYC. 6.36: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 9.

Spośród zaprezentowanych na rycinie 6.36 czynników 3 posiadają negatywny wpływ na atrakcyjność. Wraz ze wzrostem odległości od kin cena wzrasta o ok. 500 zł w odległości 2 250 m. Przedszkola obniżają wartość nieruchomości ok 800 zł w zasięgu 1 minuty czasu pieszo (a więc w najbliższym sąsiedztwie) względem nieruchomości znajdujących się w odległości 4 minut pieszo do przedszkoli. Wysokość budynku również wpływa negatywnie na atrakcyjność miejsca zamieszkania, obniżając cenę  $m^2$  o ok. 600 zł między najniższymi budynkami a najwyższymi.

### Subrynek 10 - Śródmieście

Dziesiąty subrynek obejmuje samo centrum miasta wraz z obszarem Wildy (Ryc. 4.24). Transakcje kupna sprzedaży są w nim rozmieszczone równomiernie (Ryc. 3.3). Model regresji liniowej posiada współczynnik determinacji  $R^2$  równy 0,40.

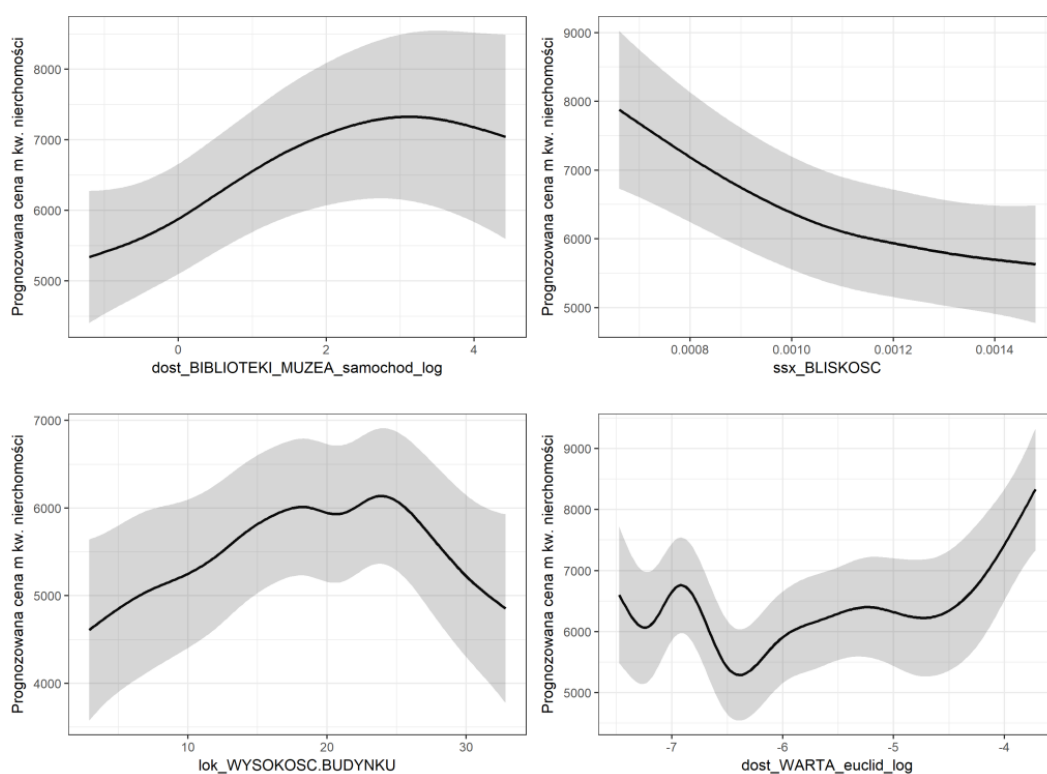
Rycina 6.37 ukazuje oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla czynników związanych z dostępnością obiektów. Pozytywne dominanty krajobrazowe według modelu to budynki bibliotek i muzeów, węzeł komunikacyjny Most Teatralny, rzeka Warta, małe zbiorniki wodne, przedszkola oraz park. Negatywny wpływ na atrakcyjność krajobrazu posiadają przystanki kolejowe, budynki przemysłowe, szkoły ponadpodstawowe i podstawowe, centrum miasta oraz lasy. W większości przypadków relacje te są zgodne z literaturą i jedynie odległość od lasu wydaje się być niezgodna z dotychczasowymi ustaleniami w literaturze przedmiotu (Kong i in., 2007; Schlöpfer i in., 2015).



RYC. 6.37: Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 10.

Na podstawie zmiennych niezależnych wybranych podczas regresji krokowej do modelu regresji liniowej opracowany został zgeneralizowany model addytywny o współczynniku determinacji  $R^2$  równym 0,54. Wpływ wybranych zmiennych ukazany został na rycinie 6.38.

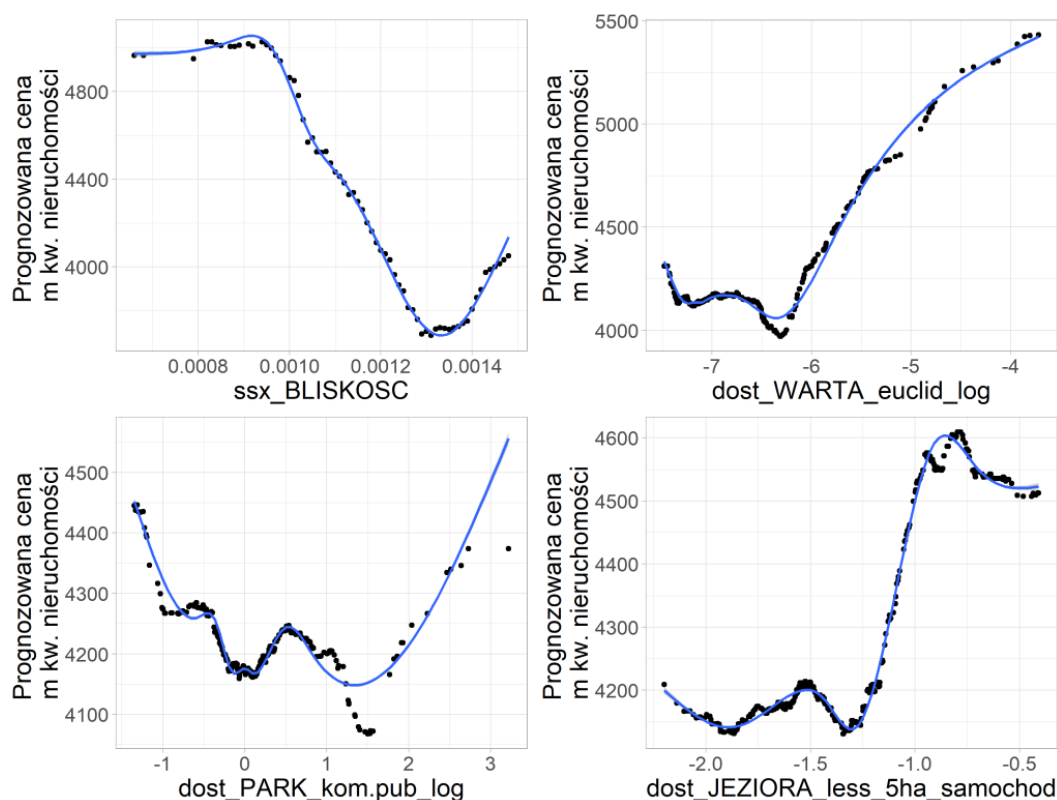
Do pozytywnych dominant krajobrazowych wpływających na podwyższenie poziomu atrakcyjności w dziesiątym subryнку zaliczyć można obecność rzeki Warty oraz bibliotek i muzeów. Z uzyskanych wykresów (zob. Ryc. 6.38) wywnioskować można również, że pośrednia miara dostępności z analizy *space syntax* - 'bliskość' posiada negatywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Bliskie sąsiedztwo szkół ponadpodstawowych obniża poziom atrakcyjności miejsca zamieszkania, podobnie też jak sąsiedztwo dworca kolejowego.



RYC. 6.38: Oszacowany wpływ na wartość m<sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 10.

Na uwagę zasługuje wpływ wysokości budynku, który posiada zróżnicowane oddziaływanie na ceny  $m^2$  nieruchomości - najatrakcyjniejsze wydają się być budynki o wysokości ok 15-25 m. Również odległość od Warty posiada niejednorodny wpływ na atrakcyjność ukazujący podwyższone wartości w odległości do ok 1 km (przyp. logarytm z 1 000 m jest równy w przybliżeniu 7).

Atrakcyjność dziesiątego subryнку mierzona ceną  $m^2$  nieruchomości związana jest przede wszystkim (wynik na podstawie modelu lasów losowych) z syntetyczną miarą dostępności ('bliskość'), odległością od Warty, parków, małych zbiorników wodnych oraz przedszkoli. Na rycinie 6.39 przedstawiono wpływ najistotniejszych czterech zmiennych w obrębie subryнку.



RYC. 6.39: Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 10.

W dziesiątym subryнку wraz ze wzrostem odległości od Warty średnie ceny  $m^2$  nieruchomości spadają z 5 500 zł w najbliższym sąsiedztwie do ok. 4 000 zł w odległości ok 400 m (logarytm z 400 jest równy w przybliżeniu 6), zaś w większej odległości następuje stabilizacja cen. Prawdopodobnie oznacza to, że widok z okna ma wpływ na atrakcyjność, a nie czas dotarcia do rzeki.

Zaskakująca jest również silna relacja między odległością od małych zbiorników wodnych (o powierzchni poniżej 5 ha). W zasięgu 1 minuty czasu dojazdu samochodem do tych zbiorników średnie ceny  $m^2$  nieruchomości wynoszą ok 4 600 zł, natomiast powyżej 1 minuty następuje gwałtowny spadek o ok 400 zł.

Podobnie jak we wcześniejszych obszarach wysokie wartości pośredniej miary dostępności - 'bliskości' związane są ze spadkiem atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej. Interesujący przebieg funkcji można natomiast zaobserwować pomiędzy ceną  $m^2$  nieruchomości, a czasem dojazdu komunikacją publiczną do parków.

Oszacowane wartości posiadają kilkukrotne spadki i wzrosty cen, które najpewniej związane są z innymi, nie uwzględnionymi w modelu, czynnikami przestrzennymi.

### **6.3. Podsumowanie wpływu elementów struktury krajobrazu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej w Poznaniu**

Metoda modelowania hedonicznego cen nieruchomości jako pośredniej miary atrakcyjności miejsca zamieszkania wykazuje wielokrotnie zbliżone współczynniki kierunkowe dla analizowanych parametrów zarówno między modelami regresji liniowej, zgeneralizowanymi modelami addytywnymi i lasów losowych w obrębie tego samego obszaru (zob. Ryc. 6.40). Innymi słowy jeżeli model regresji liniowej wykazywał wzrost atrakcyjności wraz ze wzrostem odległości od np. szkół podstawowych, pozostałe modele również odnotowywały ogólny wzrost.

Na rycinie 6.40 przedstawiono w sposób syntetyczny wpływ analizowanych zmiennych na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości, a tym samym na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Ponieważ próby są zróżnicowane i niektóre zmienne były brane pod uwagę zaledwie w jednym modelu na rycinie zaprezentowano prawdopodobieństwo, że dana zmienna miała pozytywny wpływ wyrażony liczbą modeli, w których był on dodatni i dla których dana zmienna posiadała istotne statystycznie znaczenie. Dla zgeneralizowanych modeli addytywnych i modeli regresji liniowych współczynnik kierunkowy został obliczony jako współczynnik kierunkowy modelu przy założeniu, że wszystkie pozostałe zmienne pozostają stałe (współczynnik kierunkowy dla funkcji zaprezentowanych w części 6.1 i 6.2).

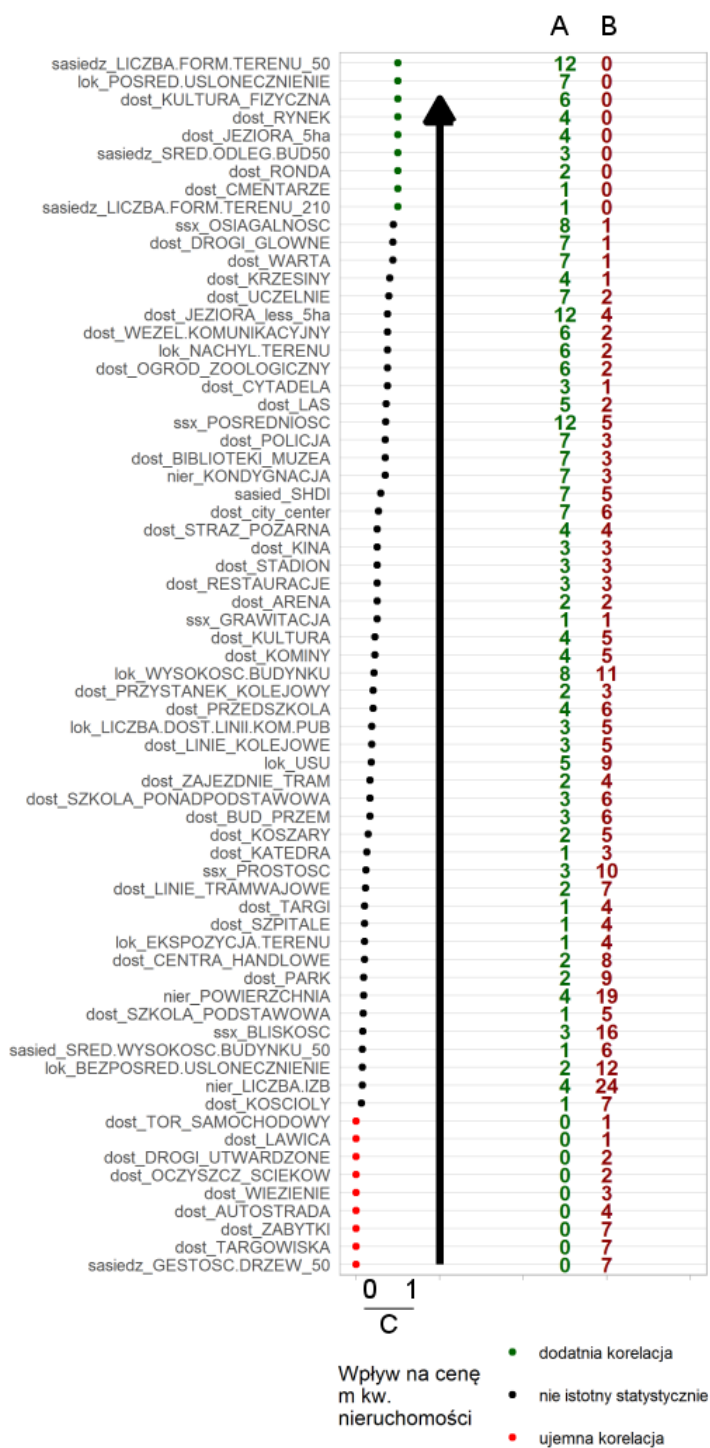
Spośród zmiennych krajobrazowych, które analizowane były w relacji dostępności (odległości Euklidesowej bądź czasu dotarcia pieszo, samochodem lub komunikacją publiczną) pozytywny wpływ na atrakcyjność posiadały przede wszystkim główne drogi, główny węzeł komunikacyjny (Most Teatralny), rzeka Warta, pośrednie usłonecznienie, Stary Rynek, jeziora, Park Cytadela i niska gęstość zabudowy.

Syntetyczna miara dostępności jaką jest 'osiągalność' wykazywała pozytywny wpływ związek z atrakcyjnością w 7 z 8 przypadków, bliskość posterunków policji w 6 z 7, a małe zbiorniki wodne w 9 z 11.

Do zmiennych wykazujących negatywną relację z atrakcyjnością zaliczyć można przede wszystkim bliskość koszar wojskowych, targowisk, autostrady i Targów Poznańskich. Dość często negatywny wpływ na atrakcyjność wykazywały również (bezpośrednie) nasłonecznienie (12 z 13 przypadków), gęstość drzew (6 z 7 przypadków), średnia wysokość budynków w najbliższym sąsiedztwie (6 z 7 przypadków), syntetyczna miara dostępności - 'bliskość' (aż 16 z 19 przypadków) i inne (Ryc. 6.40).

Choć zmiennym z grupy lokalizacji i sąsiedztwa nie poświęcono wcześniej dużo miejsca, zwrócić należy uwagę, że dwie miary dotyczące światła słonecznego, dostępnego bezpośrednio oraz pośrednio, wykazują często istotność statystyczną, choć o przeciwnym wpływie na atrakcyjność. Bezpośredni dostęp światła związany jest z niższą atrakcyjnością, natomiast pośredni dostęp z wysoką.

Atrakcyjność obszaru zabudowy poprawia większa odległość między budynkami, jak również większe zróżnicowanie morfologiczne powierzchni terenu (8 z 11 przypadków, Ryc. 6.40).



RYC. 6.40: Wpływ analizowanych zmiennych na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego w latach 2008 - 2014 na podstawie wszystkich uzyskanych modeli. A - liczba modeli, w których dana zmienna posiadała pozytywny wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości; B - liczba modeli, w których dana zmienna posiadała pozytywny wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości; C - prawdopodobieństwo, że dana zmienna posiadała negatywny wpływ na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości.

Poza cechami strukturalnymi mieszkania, do najczęściej używanych zmiennych zaliczone zostały: syntetyczne miary dostępności, tj. 'bliskość' i 'pośredniość' (odpowiednio 19 i 13 modeli) oraz wysokość budynku (17 modeli). W większości przypadków ich wpływ na mierzoną atrakcyjność krajobrazu był jednak niejednoznaczny (Ryc. 6.40).

Uzyskane modele można zgrupować w większe kategorie na podstawie tematycznych zagadnień, których dotyczą, takich jak (1) bezpieczeństwo (m.in. posterunki policji, czy koszary), (2) placówki edukacyjne, (3) obiekty związane z transportem i komunikacją, (4) obiekty przyrodnicze, (5) rozrywka i kultura, (6) religia, (7) handel i (8) zanieczyszczenia (oczyszczalnie ścieków, kominy, budynki przemysłowe). Poniżej omówiono wyniki zaprezentowane na rycinie 6.40.

W kategorii bezpieczeństwa zauważyć można, iż jedynie bliskie sąsiedztwo posterunków policji związane jest z wyższą atrakcyjnością miejsca zamieszkania (7 z 10 opracowanych modeli). Budynek straży pożarnej w połowie przypadków związany jest z poprawą atrakcyjności, zaś koszary wojskowe, szpitale i więzienie częściej obniżają w sąsiedztwie atrakcyjność niż ją podnoszą.

Placówki edukacyjne poza budynkami uczelni wyższych powiązane są z niższą atrakcyjnością miejsca zamieszkania. Tłumaczyć to można podwyższonym poziomem hałasu występującym w pobliżu przedszkoli oraz szkół. Jedynie bliskie sąsiedztwo budynków uczelni wyższych związane jest z wyższą ceną m<sup>2</sup> nieruchomości. Możliwe jest jednak, że w tym przypadku wzrost ceny nie jest związany z obiektywnie atrakcyjniejszym obszarem w mieście, a wyższym popytem na nieruchomości, które mogą służyć pod wynajem studentom, a więc pełnić funkcję inwestycyjną.

Elementy struktury krajobrazu związane z szeroko rozumianym handlem posiadają negatywny wpływ na atrakcyjność krajobrazu. Szczególnie wyraźnie widać to na przykładzie targowisk, które we wszystkich 7 modelach, w których okazały się istotnym statystycznie czynnikiem kształtującym dynamikę cen m<sup>2</sup> nieruchomości, związane były ze spadkiem cen w najbliższym ich sąsiedztwie. Podobne relacje wykazały budynki Międzynarodowych Targów Poznańskich (4 z 5 modeli) oraz centrów handlowych (8 z 10). Relacja ta może wynikać z ponadprzeciętnego natężenia ruchu oraz hałasu w okolicy tych obiektów.

Obiekty powiązane z rozrywką, sportem oraz kulturą posiadają niejednoznaczny wpływ na atrakcyjność zabudowy mieszkalnej w Poznaniu. Pozytywny wpływ wykazują obiekty kultury fizycznej (patrz. A), Stary Rynek (koncentrujący w swoim obszarze obiekty pełniące różnorodne funkcje kulturowo-rozrywkowe) oraz biblioteki i muzea (7 z 10 modeli). Sąsiedztwo kin, restauracji oraz stadionu w połowie opracowanych modeli wykazywało pozytywny lub negatywny wpływ na atrakcyjność, natomiast obiekty kultury (patrz. A) w 5 z 9 modeli wykazywało negatywny wpływ. Tor samochodowy choć istotny statystycznie załedwie w jednym modelu posiadał negatywny wpływ (co może wynikać z generowanego hałasu). Ciekawym wynikiem jest negatywny wpływ w aż 7 modelach budynków zabytkowych. Choć ich obecność może niekiedy sugerować atrakcyjne otoczenie, może być też związana z wyższym natężeniem ruchu lub starą elewacją budynków obniżającą atrakcyjność zabudowy mieszkalnej.

Budynki związane z religią były w modelach reprezentowane przez kościoły oraz budynek katedry. W obu przypadkach częściej związane były z niższą ceną m<sup>2</sup> w najbliższym sąsiedztwie. Prawdopodobnie wynika to z generowanego hałasu oraz natężenia ruchu (szczególnie w niedziele i święta).



Wśród proponowanych w niniejszej pracy zmiennych wykorzystano znaczną liczbę elementów związanych z transportem. Pozytywny wpływ na atrakcyjność wykazały główne drogi, ronda (będące istotnymi węzłami komunikacyjnymi na wschodnim brzegu Warty), most Teatralny (również stanowiący ważny węzeł komunikacyjny) oraz, co wydaje się sprzeczne z intuicją, lotnisko Krzesiny. To ostatnie wynika z modeli o niskich wartościach współczynnika determinacji  $R^2$ , wewnątrz których istniały silne korelacje pomiędzy zmiennymi (patrz rozdział 6.2 na stronie 115). Negatywny wpływ na atrakcyjność posiadają: autostrada (4 z 4 modeli), lotnisko Ławica (1 z 1), linie tramwajowe (7 z 9), zajezdnie tramwajowe (4 z 6), linie kolejowe (5 z 8), stacje kolejowe (3 z 5) oraz drogi utwardzone (2 z 2). Generalizując, elementy struktury przestrzennej miasta związane z poprawą komunikacji poprawiają atrakcyjność, natomiast obiekty będące przede wszystkim źródłem hałasu ją obniżają.

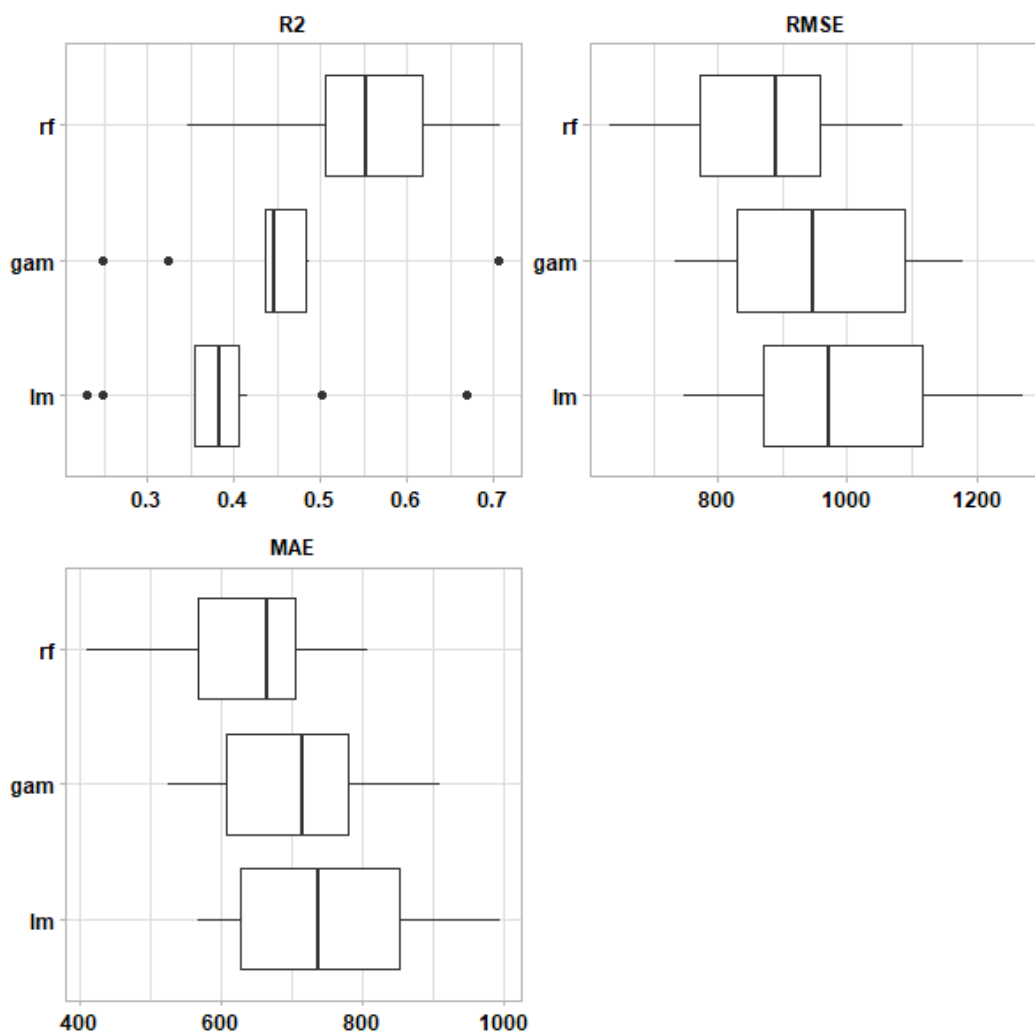
Kategoria zanieczyszczeń obejmuje 3 z wybranych w niniejszym opracowaniu obiekty: kominy, budynki przemysłowe oraz oczyszczalnie ścieków. Wszystkie z nich częściej wykazują negatywną korelację z atrakcyjnością obniżając ją w najbliższym sąsiedztwie. W przypadku kominów ma to jednak miejsce zaledwie w 5 z 9 modeli. Należy zaznaczyć, że obiekty te niekoniecznie muszą być związane z zanieczyszczeniami. W niniejszej pracy stanowiły pośrednią miarę jakości powietrza, jednak równocześnie mogły być związane z rozwiniętym lokalnym rynkiem pracy, co z kolei mogło stanowić o ich pozytywnym wpływie na atrakcyjność miejsca zamieszkania.

Obiekty przyrodnicze w opracowanych modelach częściej wykazywały pozytywną relację z ceną  $m^2$  nieruchomości. Wyjątkiem były lokalizacje parków. Użytkana relacja jest zaskakująca, choć może wynikać z centralnej ich lokalizacji, a więc korelacji z gęstością zabudowy lub natężeniem ruchu. Hipoteza ta jednak wymaga dalszego zbadania.

## 6.4. Porównanie wykorzystanych metod modelowania hedonicznego

Jednym z większych problemów związanych z przeprowadzeniem modelowania w niniejszej pracy jest brak informacji o stanie i wieku mieszkań, który w istotny sposób wpływa na ceny nieruchomości. Z tego to powodu współczynniki determinacji pozostają znacznie zaniżone, co utrudnia realną wycenę atrakcyjności krajozrazu. Na uwagę zwraca również fakt, że wysoka gęstość drzew w najbliższym sąsiedztwie częściej wykazywała negatywny wpływ na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej niż pozytywny (6 z 7 przypadków, ryc. 6.40). Wpływ ten jest sprzeczny z uzyskiwanym w literaturze światowej, jak również niezgodny z badaniami ankietowymi przeprowadzonymi w Poznaniu (Kaczmarek i in., 2017, OTODOM, 2016). Prawdopodobnie udział drzew w najbliższym sąsiedztwie nieruchomości może być silnie związany z wiekiem zabudowy, gdyż podczas budowy nowych osiedli wielorodzinnych drzewa są wycinane i dopiero przed oddaniem do użytku następują nasadzenia młodych drzew, które nie zajmują znacznego udziału powierzchni. Teoria ta jednak wymaga weryfikacji w wyniku dalszych prac.

Drugim powodem niższych wartości współczynnika determinacji jest liniowy charakter zmiennych użytych w modelowaniu regresji liniowej. Zgeneralizowane modelowania addytywne, które szacują nieliniowy, nieparametryczny wpływ



RYC. 6.41: Jakość modeli uzyskanych w wyniku modelowania hedonicznego cen m<sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego. Wartości R<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>) stanowią miarę współczynnika determinacji, która określa jaki procent zmienności danych tłumaczony jest za pomocą modelu. RMSE (*Root Mean Square Error*) - pierwiastek błędu średniokwadratowego - określająca średnią wartość błędu prognoz. MAE (*Mean Absolute Error*) - średni błąd bezwzględny - informuje on o ile średnio w okresie prognoz, będzie wynosić odchylenie od wartości rzeczywistej. *lm* - modele z użyciem metody regresji liniowej. *gam* - modele z użyciem zgeneralizowanego modelowania addytywnego. *rf* - modele z użyciem metody modelowania lasów losowych.

zmiennych zależnych, uzyskują wyższe wartości determinacji. Ze względu na specyfikę modelowania nie są one obliczane w ten sam sposób jak w modelowaniu regresji liniowej. Do oceny jakości modeli addytywnych stosuje się współczynniki pseudo- $R^2$ . Mimo to zauważyć można, że zgeneralizowane modele addytywne dzięki swej elastyczności tłumaczą więcej wariancji danych niż modele regresji liniowej (Tab. 6.1 na stronie 116).

Wadą modeli addytywnych jest ich tendencja do częstego przejmowania właściwości innych czynników. Jak ukazano w rozdziale 6 i 7 wielokrotnie oszacowany wpływ tracił swój naturalny liniowy, logarytmiczny bądź sigmoidalny charakter ze względu na występujące w określonym miejscu zaburzenie w postaci większego udziału roślinności lub bliskości parku. Zdaniem autora, zdolność modeli addytywnych do przejęcia cech przestrzennych ominiętych czynników stanowi jednak ich przewagę w zakresie prognozowania przestrzennego, pod warunkiem analizy uzyskanych wyników tylko w obszarze posiadającym znaczną liczbę transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości.

Najwięcej zmienności danych tłumaczą modele lasów losowych, które choć nie są zazwyczaj wykorzystywane jako modele hedoniczne, pozwalają uzyskać najlepsze predykcje przestrzenne służące oszacowaniu atrakcyjności zabudowy mieszkalnej. Zarówno w przypadku modeli globalnych (Ryc. 6.41) jak i subrynkowych (Tab. 6.1) modele lasów losowych wykazują wyższe wartości współczynników determinacji oraz niższe błędy oszacowania.

Na podstawie wyników uzyskanych z użyciem modelowania hedonicznego zauważyć można znaczącą przewagę modelowania z użyciem lasów losowych. Model ten mimo, że nie jest zazwyczaj brany pod uwagę jako model hedoniczny pozwala, jak ukazano w niniejszej pracy, oszacować wpływ poszczególnych zmiennych niezależnych na wycenę krajobrazu. Modele lasów losowych wyjaśniają więcej wariancji danych i posiadają wyższą jakość modelu, charakteryzującą się bardziej normalnym rozkładem wartości prognozowanych. W odróżnieniu od modeli regresji liniowych i zgeneralizowanych modeli addytywnych wpływ relacji odległości (euklidesowej, czasu dojazdu samochodem, itp.) nie ma znaczenia w ostatecznym modelu, w związku z czym wybór prostszej relacji (euklidesowej) może ułatwiać interpretację lub uprościć procedurę obliczeniową.



## Rozdział 7

# Ocena atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej

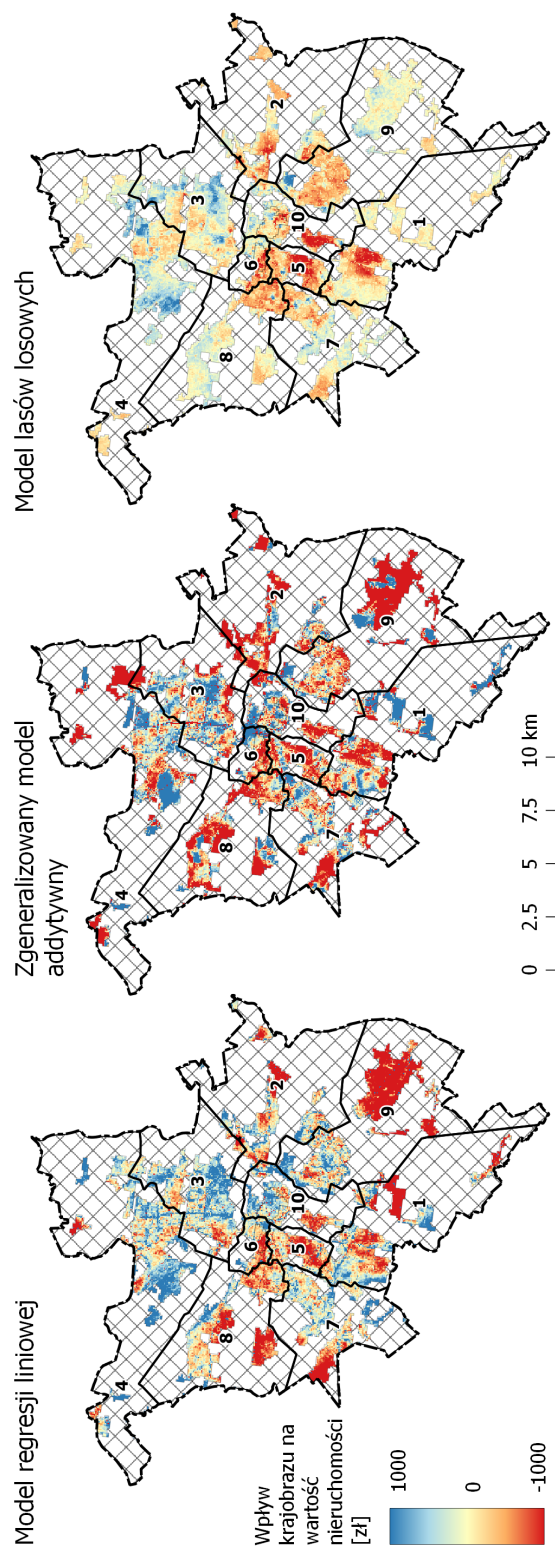
W oparciu o uzyskane w rozdziale 6 modele hedoniczne (regresji liniowej, zgeneralizowany model addytywny oraz model lasów losowych) opracowana została przestrzenna prognoza jakości krajobrazu miejskiej zabudowy mieszkalnej. Prognoza ta dotyczy atrakcyjności postrzeganej jako wpływ krajobrazu na cenę  $\text{m}^2$  mieszkania o powierzchni  $50 \text{ m}^2$ , trój-izbowego i znajdującego się na 3 piętrze (Rozdział 5). Aby oszacować wartość krajobrazu wpływającą na cenę  $\text{m}^2$  nieruchomości odjęto od wartości prognozowanej medianę ceny  $\text{m}^2$  transakcji (5 060 zł) traktując resztę jako wpływ czynników zewnętrznych.

Nierównomierne rozłożenie transakcji kupna/sprzedaży mieszkań powoduje dopasowanie modelu do obszarów o większym udziale transakcji (3.3), w związku z czym otrzymane na podstawie modeli hedonicznych prognozy przestrzenne stanowią przede wszystkim sugestie, które obszary są bardziej lub mniej atrakcyjne.

### 7.1. Waloryzacja w oparciu o modele holistyczne

Model holistyczny regresji liniowej posiada współczynnik determinacji równy 0,35, co oznacza, że większa część informacji zawartej w cenach  $\text{m}^2$  nieruchomości wciąż nie została wytłumaczona. Więcej wariancji danych tłumaczą model addytywny (0,51) oraz model lasów losowych (0,55). Na rycinie 7.1 zaprezentowano wynik przestrzennej prognozy utworzonej na podstawie wszystkich nieruchomości bez podziału na subrynki (wg modeli holistycznych opisanych szerzej w części 6.1).

Jako mniej atrakcyjne obszary w mieście wyróżniają się miejsca na południowym wschodzie (na osiedlu Szczepankowo na północ od autostrady) oraz na zachodzie miasta (na południu od lotniska Ławica). Sytuacja ta zauważalna jest zarówno w modelu regresji liniowej jak i modelu GAM, a wynika z niewielkiej liczby transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości jakie miały miejsce w tych obszarach (na samym osiedlu Szczepankowo miało miejsce, według posiadanych danych, zaledwie 5 transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości). Należy założyć, że jako osiedle domków jednorodzinnych odcięte od miasta torami kolejowymi (słaba dostępność do centrum) charakteryzuje się odmiennymi preferencjami mieszkańców, których nie udało się uchwycić w modelu globalnym (modelu dla całego obszaru miasta). Podobna sytuacja ma miejsce na południe od lotniska Ławica oraz w kilku mniejszych obszarach jak np. na osiedlu Morasko-Radojewo.



RYC. 7.1: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej w oparciu o holistyczne modele regresji liniowej (z lewej), zgeneralizowany model addytywny - GAM (w środku) i model lasów losowych (z prawej).

W porównaniu do prognozy opartej o model regresji liniowej, prognoza oparta o model addytywny posiada więcej obszarów o silnych kontrastach. Wartości te zostały przeszacowane przez model GAM. Im dalej od przeprowadzonych transakcji, tym gorsza jest jakość predykcji prowadzącą do większego przeszacowania wartości. W związku z powyższym przestrzenne zróżnicowanie atrakcyjności jest dużo większe niż w przypadku modeli regresji liniowej. Zmiany atrakcyjności nie wykazują stopniowego charakteru, ale niemal skokowy. Modele addytywne mogą pozwolić zrozumieć nieliniowy wpływ poszczególnych zmiennych na atrakcyjność krajobrazu, jednak w przypadku prognoz właśnie ich nieliniowy charakter może powodować znaczne zawyżanie lub zaniżanie wartości w przypadku ekstrapolacji poza znany zakres wynikający z danych transakcyjnych.

W odróżnieniu do prognoz przestrzennych z użyciem modelu regresji liniowej i GAM, prognozy oparte o model lasów losowych charakteryzują się mniejszą zmiennością - większość wartości mieści się w granicach  $\pm 1\ 000$  zł od średniej ceny nieruchomości.

Szczególnie atrakcyjne obszary w mieście znajdują się na południe od Jeziora Maltańskiego, gdzie obecnie posiadają siedziby jedne z większych firm w mieście. Sytuacja ta mogła jednak ulec zmianie po wybudowaniu nowej galerii miejskiej „Polsnania” w 2016 roku.

Wysokim poziomem atrakcyjności charakteryzuje się również obszar ogródków działkowych nad Wartą, centrum miasta w okolicy Starego Rynku, obszary w najbliższym sąsiedztwie parku Cytadela oraz dzielnica Strzeszyn. Wyniki te zgadzają się z badaniami ankietowymi przeprowadzonymi przez portal „OtoDom” (OTODOM, 2016), w którym dzielnica Strzeszyn uzyskała bardzo wysokie ogólne wartości, w tym najwyższy współczynnik rekomendacji.

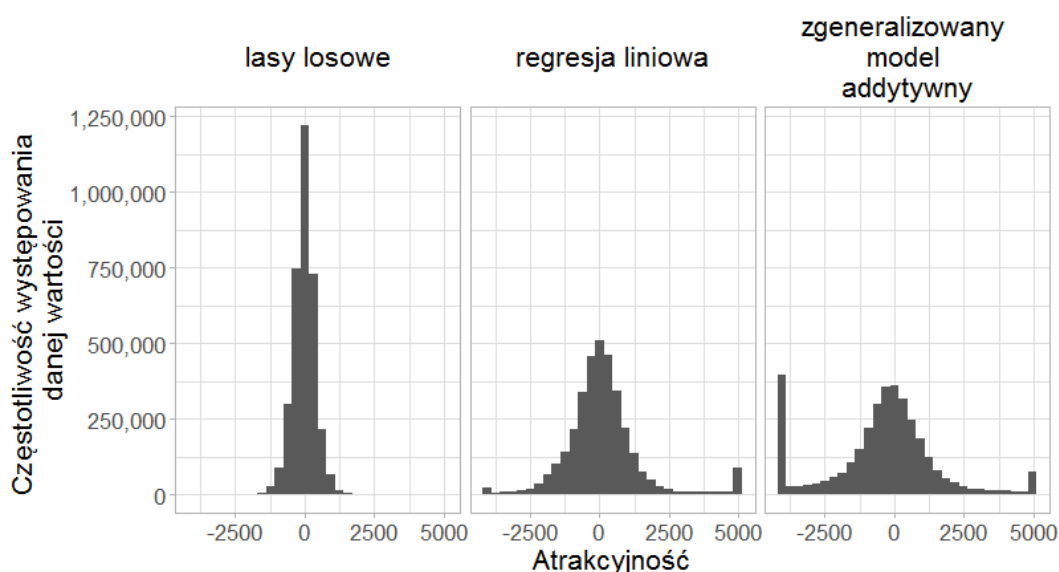
Najniższe wartości atrakcyjności zabudowy mieszkalnej znajdują się w dzielnicy Łazarz, Wilda, Grunwald Północ, co również pokrywa się z badaniem przeprowadzonym przez portal „OtoDom” (OTODOM, 2016).

W obrębie obszarów zabudowanych, w zasięgu posiadanych danych dotyczących transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości, poziom atrakcyjności mierzony każdym z modeli wydaje się zbliżony. Istotne różnice występują przede wszystkim w obszarach o niskiej liczbie przeprowadzonych transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości.

Zwrócić należy uwagę, że modele regresji liniowej oraz addytywne mają tendencję do przeszacowywania wartości poza zakresem ujętym w analizie. Choć zaletą modeli addytywnych (w porównaniu do modeli regresji liniowych) jest zdolność wychwytywania nieliniowych relacji między zmiennymi niezależnymi, a zależną, predykcje przestrzenne utworzone na ich podstawie są wiarygodne w obszarze ograniczonym do zakresu zmiennych niezależnych wprowadzonych w model. Wynika to z faktu, że ekstrapolacja niektórych funkcji poza zakres analizowany w modelu może znacznie (i w sposób nierealny) zawyżać lub zaniżać prognozowane wartości (np. powyżej 20 000, lub poniżej 0 zł/m<sup>2</sup>). Modele liniowe są pod tym względem bezpieczniejsze w predykcji hedonicznego modelu (Ryc. 7.1), jednak nie uwzględniają nieliniowego wpływu czynników zewnętrznych, przez co charakteryzują się niską jakością predykcji. Dzięki wbudowanym w konstrukcję lasów losowych założeniom (Rozdział 5) utworzone na jego podstawie prognozy nie przeszacowują parametrów. Pozwalają one uzyskać wartości z przedziału zmiennej zależnej wziętej do modelowania, a więc, w obecnym przypadku, zakresu cen m<sup>2</sup> nieruchomości (między 1 000 a 10 000 zł).

Modele regresji liniowej, choć, jak wykazano w pracy, tłumaczą mniejszą zmienność danych, lepiej nadają się do określenia ogólnych tendencji krajobrazowych (poza obszarem próbki danych treningowych) niż modele GAM. Nie przeszacowują ekstremalnie wartości atrakcyjności, jak ma to miejsce w modelach addytywnych, których nieliniowy charakter funkcji powoduje znacznie większe zróżnicowanie przestrzennej atrakcyjności prognozując wartość m<sup>2</sup> nieruchomości poza możliwą skalą (np. jako wartości ujemne).

Modele z metody klasycznej (regresji liniowej oraz GAM) zastosowane do waloryzacji krajobrazu mają tendencję do przeszacowywania prognoz. Na rycinie 7.2 każdorazowo wartości prognozowane poniżej 1 000 zł i powyżej 10 000 zł zostały sprowadzone do tych wartości granicznych. Zauważyć można, że jedynie wartości uzyskane za pomocą modelu lasów losowych posiadają rozkład normalny.



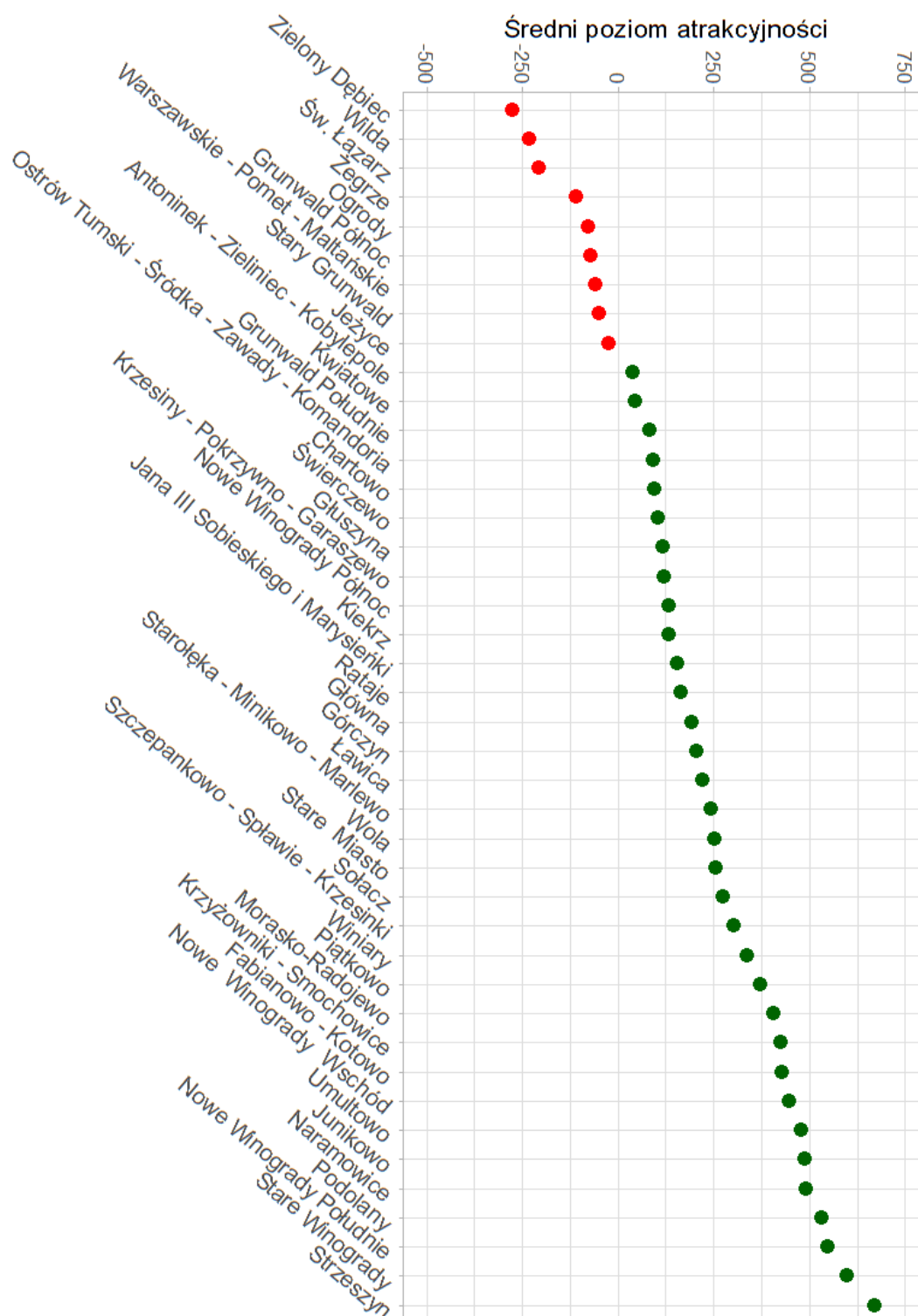
RYC. 7.2: Histogramy prognozowanych przestrzennie wartości atrakcyjności krajobrazu wyliczone dla trzech zastosowanych modeli.

Wbrew pozorom, w skali całego miasta, przestrzenna waloryzacja krajobrazu uzyskana za pomocą modelu lasów losowych najsilniej koreluje nie z waloryzacją uzyskaną za pomocą zgeneralizowanych modeli addytywnych, ale modeli regresji liniowej (współczynnik korelacji Pearsona ~0,46, Ryc. 7.5). Jest to o tyle zaskakujące, że modele lasów losowych uzyskały podobne do modeli GAM nieliniowe funkcje hedoniczne.

### 7.1.1. Ranking osiedli

Na podstawie uzyskanych wyników modelowania możliwa jest agregacja uzyskanych wartości do zasięgu istniejących w mieście osiedli. W tym celu wykorzystano wyniki z holistycznego modelu lasów losowych, który nie tylko posiada najwyższy współczynnik dopasowania do danych (współczynnik determinacji R<sup>2</sup> równy 0,55), ale również nie przeszacowuje wartości poza zakres danych treningowych. Dane te uśredniono do granic administracyjnych osiedli, a następnie uporządkowano w kolejności rosnącej, co przedstawiono na rycinie 7.3.





RYC. 7.3: Ranking Osiedli miasta Poznania na podstawie uśrednionych wartości uzyskanych w wyniku waloryzacji przestrzennej opartej o holistyczny model lasów losowych. Od prognozowanej wartości ceny m<sup>2</sup> odjęto medianę ceny w mieście aby uzyskać względną wartość jak struktura krajobrazu wpływa na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości.

Na podstawie ryciny 7.3 zaobserwować można, że najmniej atrakcyjne obszary w mieście znajdują się przede wszystkim na południu i w centrum miasta w osiedlach: Zielony Dębiec, Wilda, św. Łazarz, Żegrze, Ogrody oraz Grunwald Północ. Średnia atrakcyjność niższa od mediany w mieście występuje również na osiedlach Warszawskie - Pomet - Maltańskie, Stary Grunwald oraz Jeżyce. Do najatrakcyjniejszych osiedli zaliczyć można Strzeszyn, Stare Winogrody, Nowe Winogrody Północ, Naramowice, Junikowo, czy Umultowo.

## 7.2. Waloryzacja w oparciu o modele subrynków

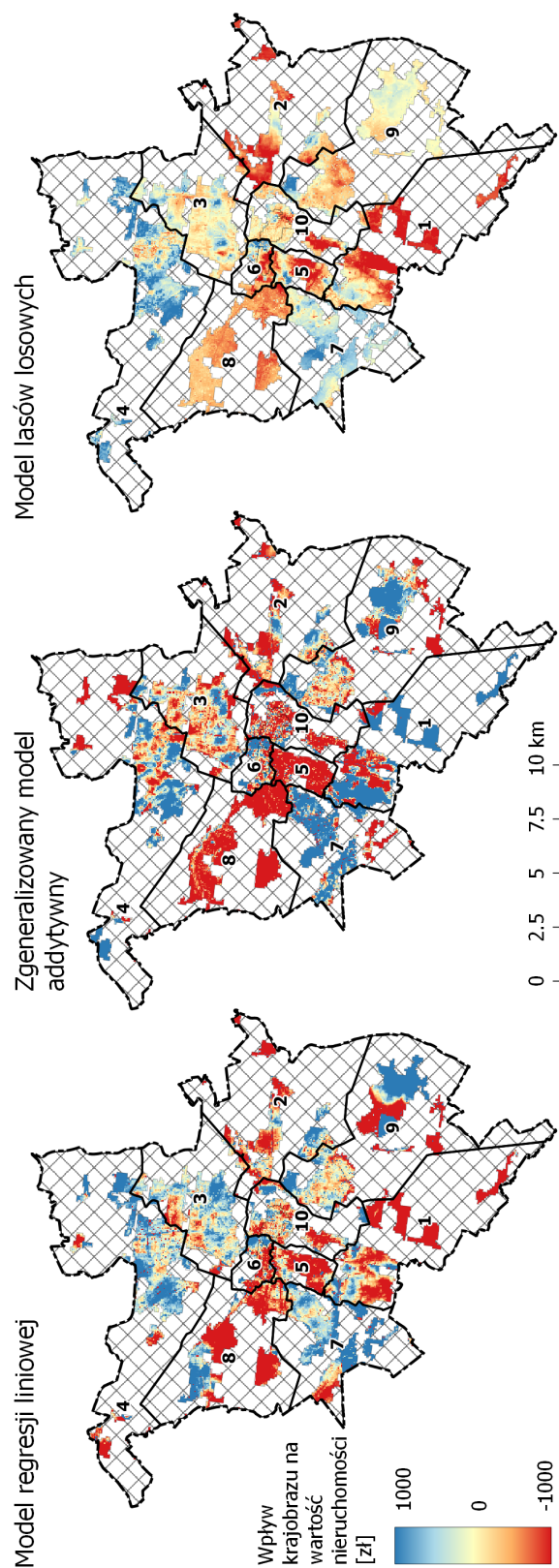
W niniejszym podrozdziale waloryzacja przestrzeni miasta została wykonana w oparciu o modele opracowywane dla każdego subryнку osobno (opisane w części 6.1 na stronie 104). Na rycinie 7.4 przedstawiono kompilację wyników uzyskanych dla prognoz przestrzennych wewnątrz subrynków. W większości przypadków zaobserwować można, iż wyniki wykazują podobieństwo w zakresie lokalizacji obszarów bardziej i mniej atrakcyjnych. Szczegółowe mapy atrakcyjności subrynków znaleźć można w załączniku B.

### Subrynek 1 - Świerczewo

Waloryzacja przestrzeni subryнку 1 daje zróżnicowane wyniki na wschodnim brzegu Warty (Ryc. 7.4, B.1). Model regresji liniowej w znaczący sposób nie doszacował wartości na wschodnim brzegu Warty, gdzie krajobraz wpływa na cenę m<sup>2</sup> nieruchomości obniżając jej wartość o ponad 2 000 zł. Model addytywny w tych samych miejscach wykazuje bardziej prawdopodobne wartości wahające się między -2 000 zł (krajobraz obniża atrakcyjność miejsca zamieszkania mierzoną wartością m<sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego o 2 000 zł), a + 2 000 zł (krajobraz podnosi atrakcyjność miejsca zamieszkania).

Należy pamiętać, że w obrębie tego subryнку znajduje się niewiele danych transakcyjnych, skoncentrowanych na wschodnim brzegu rzeki, a same modele posiadały niską jakość predykcijną. Wysokie przeszacowanie realnych wartości widoczne na wschodnim brzegu Warty (gdzie wystąpiła niewielka liczba transakcji) wynika głównie z oszacowanego w modelu liniowym wpływu czasu dojazdu komunikacją publiczną do lotniska Krzesiny, który to czynnik powoduje wzrost wartości krajobrazu o ok. 680 zł za minutę czasu dojazdu do lotniska komunikacją publiczną.

Model lasów losowych uzyskany dla pierwszego subryнку tłumaczy ponad dwukrotnie więcej wariacji danych niż analogiczny model uzyskany za pomocą regresji liniowej. W porównaniu do modelu holistycznego lasów losowych mniejsza część Świerczewa uznawana jest za atrakcyjny obszar. Zachodnia część Świerczewa (uznana za obszar atrakcyjny) charakteryzuje się zabudową jednorodzinną w pobliżu terenów zieleni wokół fortu IX oraz (co jest zaskakujące) w pobliżu wielkopowierzchniowych hal pełniących funkcje usługowe. Ten drugi obszar nie został uznany za atrakcyjny ani w przypadku modelu regresji liniowej, ani w przypadku modeli addytywnych. Pozostałe tereny zakwalifikowane zostały jako obszary mniej atrakcyjne, jednak należy podkreślić, że może to wynikać z dopasowania modelu do transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości, które były przestrzennie skoncentrowane w jednym obszarze.



RYC. 7.4: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej w oparciu o subrynkowe modele regresji liniowej (z lewej), zgeneralizowany model addytywny (w środku) i model lasów losowych (z prawej).

**Subrynek 2 - Osiedle Warszawskie**

Waloryzacja dokonana w obrębie drugiego subryнку wykazuje zbieżne w analizowanym obszarze wyniki (Ryc. 7.4 na stronie 159, B.2 na str. 219). Najbardziej atrakcyjne tereny znajdują się w centralnej części tego subryнку oraz w jego południowej części, tj. na obszarze osiedla Chartowo.

Użyte do waloryzacji modele charakteryzują się wysokim, zbliżonym do siebie współczynnikiem determinacji  $R^2$ , jak również zbliżonymi wynikami. W każdym przypadku najmniej atrakcyjne tereny znajdują się blisko centrum oraz przy obrzeżach miasta, natomiast do najatrakcyjniejszych zaliczyć można te występujące blisko jeziora Maltańskiego oraz nowego ZOO.

**Subrynek 3 - Winogrody/Naramowice**

Obszar subryнку trzeciego należy do jednych z bardziej atrakcyjnych terenów miasta Poznania (Ryc. 7.4 na stronie 159, B.3 na stronie 220). Opracowana mapa atrakcyjności subryнку trzeciego wskazuje obszary bliżej centrum miasta oraz we wschodniej części subryнку (wzdłuż ulicy Naramowice) jako tereny o najwyższym poziomie atrakcyjności. Zabudowa mieszkalna bliżej osiedla Piątkowo na północy posiada niższe wartości atrakcyjności.

Model addytywny w znaczący sposób przeszacował poziom atrakcyjności krajobrazu w południowo-wschodniej części subryнку, będącej blisko parku Cytadela oraz rzeki Warty.

Wyniki uzyskane za pomocą subryńkowego modelu lasów losowych (Ryc. 7.4, B.3) różnią się dość istotnie od tych uzyskanych za pomocą regresji liniowej oraz zgeneralizowanego modelu addytywnego. Do najmniej atrakcyjnych zaliczyć można zabudowę w pobliżu dużego skrzyżowania ulic Naramowickiej i Lechickiej. Niższą atrakcyjnością odznacza się też zabudowa blokowa od domków jednorodzinnych. Do najatrakcyjniejszych terenów zaliczyć można północną część Naramowic oraz dwa obszary bliżej centrum miasta - ogródki działkowe i obszar wokół akademików przy ulicy Piątkowskiej oraz nową zabudowę blokową przy skrzyżowaniu ulicy Serbskiej i Naramowickiej. Z całą pewnością na wyższy poziom atrakcyjności (mierzony ceną  $m^2$  transakcji) w tym drugim obszarze wpływa wiek budynków oraz jakość względnie nowo oddanych do użytku mieszkań.

**Subrynek 4 - Piątkowo**

Czwarty subrynek charakteryzuje się wysokim poziomem atrakcyjności. Modele regresji liniowej oraz GAM jako obszary mniej atrakcyjne wskazują tereny w pobliżu jeziora Kierskiego oraz na północy subryнку w okolicy Moraska i Radojewa, choć obszary te znajdują się w jednych z bardziej atrakcyjnych przyrodniczo regionach miasta, w pobliżu lasów i jezior, ceny  $m^2$  nieruchomości są tam istotnie niższe. Otrzymane wyniki mogą być skutkiem niewielkiej liczby transakcji jak i tendencji obu modeli do przeszacowywania wartości w takich sytuacjach. Może to również wynikać z długiego czasu dojazdu do większości usług znajdujących się w centrum, więc nie należy wykluczyć, iż obszary te są istotnie mniej atrakcyjne. W przypadku waloryzacji za pomocą modelu lasów losowych zwraca uwagę fakt, że w porównaniu z waloryzacją na podstawie modeli regresji liniowej oraz GAM utworzonych dla tego subryнку, obszary odległe od centrum, takie jak okolice jeziora Kierskiego (na północnym-zachodzie), Radojewa oraz Moraska (na północy) posiadają nieco wyższe wartości atrakcyjności.

W modelu lasów losowych jedyne obszary o niskich wartościach występują w obrębie północno-zachodniej części osiedla Jana III Sobieskiego oraz przy skrzyżowaniu ulic Wiechowicza i Kurpińskiego w południowo-wschodniej części subryнку (Ryc. 7.4 na stronie 159, B.4 na stronie 221). Niska atrakcyjność pierwszego z tych obszarów związana jest z ograniczoną dostępnością tego terenu (daleko do linii tramwajowej Poznańskiego Szybkiego Tramwaju będącego główną osią komunikacyjną Piątkowa) oraz bliskim sąsiedztwem torów kolejowych. Drugi obszar o relatywnie niższym poziomie atrakcyjności związany jest z dużym natężeniem ruchu przy dwóch głównych drogach.

### 7.2.1. Subrynek 5 - Łazarz

Obszar Łazarza, który znajduje się w granicach piątego subryнку posiada jedną z niższych atrakcyjności w całym mieście. Jedyne pozytywne wartości znajdują się na północ od parku Kasprowicza z obecnym tu budynkiem sportowo-widowiskowym „Arena” (Ryc. 7.4 na stronie 159, B.5 na stronie 222). Obszar ten zdominowany jest przez tzw. Lofty Ułańskie, tj. zamknięte osiedle o wysokim standardzie mieszkań w odnowionej zabytkowej zabudowie. W badanym okresie sprzedano tam 18 mieszkań na rynku wtórnym, zaś mediana ceny m<sup>2</sup> wynosiła ponad 8 500 zł. Drugi atrakcyjny teren znajduje się na południu subryнку i stanowi stosunkowo nowe (względem otoczenia) osiedle wielorodzinne. Oba obszary charakteryzują się niskim udziałem drzew, co związane jest z młodym wiekiem zabudowy.

Model addytywny w obrębie niemal całego subryнку przeszacowuje wartości atrakcyjności (Ryc. B.5 - B na stronie 222), przez co nie nadaje się do interpretacji, natomiast model regresji liniowej oraz lasów losowych wykazują zbliżone poziomy atrakcyjności, z tą różnicą, że model regresji liniowej (Ryc. B.5 - A na stronie 222) wskazuje więcej obszarów o niższym poziomie atrakcyjności niż model lasów losowych (Ryc. B.5 - C na stronie 222).

Najniższe wartości atrakcyjności miejsca zamieszkania oszacowane zostały w centrum dzielnicy Łazarz wzdłuż ulicy kolejowej na wschód od Rynku Łazarskiego oraz na północ od skrzyżowania ulicy Głogowskiej z Hetmańską.

Uzyskane za pomocą modelu lasów losowych wyniki wykazują silną korelację z waloryzacją uzyskaną na podstawie modelu regresji liniowej (Ryc. B.5 - A).

### 7.2.2. Subrynek 6 - Jeżyce/Ogrody

Szósty subrynek charakteryzuje się stosunkowo niskim poziomem atrakcyjności, który przyjmuje wyższe wartości we wschodniej jego części (Ryc. 7.4 na stronie 159, B.6 na stronie 223). Najatrakcyjniejsze są okolice mostu Teatralnego, wzdłuż ulicy Kościelnej oraz obszary zielone skoncentrowane na północnych i wschodnich peryferiach subryнку. Na uwagę zasługują występujące zarówno w modelu regresji liniowej jak i modelu addytywnym dwie wyspy wyższej atrakcyjności: skrzyżowanie ulic Wawrzyńca z Bukowską oraz plac pomiędzy ulicami Długosza, Jackowskiego, Szamarzewskiego oraz Polną (Ryc. B.6 - A/B na stronie 223).

Waloryzacja uzyskana za pomocą modelu lasów losowych wykazuje duże podobieństwo z waloryzacją za pomocą regresji liniowej (współczynnik korelacji Pearsona: 0,66) oraz modelu GAM (współczynnik korelacji Pearsona 0,48).

**Subrynek 7 - Junikowo**

Siódmy subrynek posiada wysoki poziom atrakcyjności w niemal całym swoim obrębie (Ryc. 7.4, B.7). Dla modelu lasów losowych poziom ten jest relatywnie wyższy od poziomu oszacowanego na podstawie modelu globalnego, gdzie wartości są średnio niższe o ok. 500 zł.

Obszar siódmego subryнку posiada nierównomiernie rozmieszczone transakcje kupna/sprzedaży nieruchomości, co może wpływać na wyniki waloryzacji zabudowy mieszkalnej. Waloryzacje utworzone na podstawie wszystkich modeli (Ryc. B.7 w załączniku B na stronie 224) ukazują najwyższe wartości atrakcyjności w północnej części Junikowa oraz na terenie Świerczewa, a więc w centralnej części subryнку.

Porównując wartości uzyskane przez model regresji liniowej oraz GAM z waloryzacją uzyskaną na podstawie modelu lasów losowych, niższy poziom atrakcyjności występuje w zbliżonych obszarach: na osiedlu Kwiatowym oraz w okolicy ulicy Jugosławiańskiej na osiedlu Grunwald Południe, co może być związane z niewielką próbką danych w tym regionie. Na uwagę zasługuje znaczące zaniżenie (w stosunku do modelu regresji liniowej i modelu lasów losowych) poziomu atrakcyjności oszacowanej na podstawie modelu addytywnego w południowej części subryнку. Interesujące, że obszar ten posiada niższe wartości nie tylko w modelu subryнку, ale również w holistycznym modelu GAM.

**Subrynek 8 - Ławica**

Modele opracowane dla ósmego subryнку posiadają niską jakość predykcijną wynikającą m.in. ze zgrupowania transakcji w jednym obszarze, we wschodniej jego części. Model addytywny wykazuje znaczące przeszacowania w niemal całym tym regionie (Ryc. 7.4 w załączniku B na stronie 159 oraz B.8 na stronie 225). Ósmy subrynek posiada transakcje skupione we wschodniej jego części w granicach osiedla Grunwald Północ oraz Ogrody. Z tego powodu model dostosowany jest tylko do tego obszaru i nie nadaje się do waloryzacji przestrzennej leżących dalej od centrum osiedli domków jednorodzinnych.

Zauważyć można duże różnice w tej części pomiędzy modelem holistycznym, a subrynkowym, jak również pomiędzy modelami regresji liniowej, addytywnym oraz lasów losowych. Model holistyczny wykazuje w jego obrębie znacznie większe zróżnicowanie poziomu atrakcyjności. Wynika to z większej próbki danych, a więc z próby przeniesienia relacji wykrytych w innych obszarach miasta do obszaru subryнку o bardziej skoncentrowanych lokalizacjach transakcji. Model ten posiada najgorsze dopasowanie do danych we wszystkich analizowanych wariantach, w związku z czym nie będzie poddany dalszej interpretacji.

**Subrynek 9 - Nowe Miasto**

Dziewiąty subrynek charakteryzuje się modelami o najwyższych wartościach współczynnika determinacji  $R^2$  (model regresji liniowej: 0,67, GAM: 0,73, lasów losowych: 0,71). W obrębie wschodniej i południowej części subryнку znajduje się niewiele transakcji, co wpływa na duże błędy oszacowania poziomu atrakcyjności krajobrazu. Z tego też względu na rycinach 7.4 i B.3 ukazano powiększenie obszaru Nowego Miasta - regionu dziewiątego subryнку, w którym znajduje się większość dokonanych w nim transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości.

Subrynek ten charakteryzuje się stosunkowo wysokim poziomem atrakcyjności zabudowy mieszkalnej. Najwyższe wartości znajdują się nad jeziorem Maltańskim w północnej jego części, w pobliżu rzeki Warty oraz na osiedlu Lecha (zachodnia część Chartowa). Niskimi wartościami odznacza się bliskie sąsiedztwo ulicy Kurlandzkiej w południowo-wschodniej części subryнку oraz obszar między rondem Rataje, a rondem Starołęka blisko rzeki Warta, co może wynikać z gorszej dostępności komunikacyjnej tego obszaru.

Na uwagę zwraca większe podobieństwo pomiędzy modelem regresji liniowej, a addytywnym niż modelem lasów losowych, który wydaje się „spłaszczać” uzyskane wartości wykazując niższe zróżnicowanie wewnątrz tego obszaru.

#### **Subrynek 10 - Śródmieście**

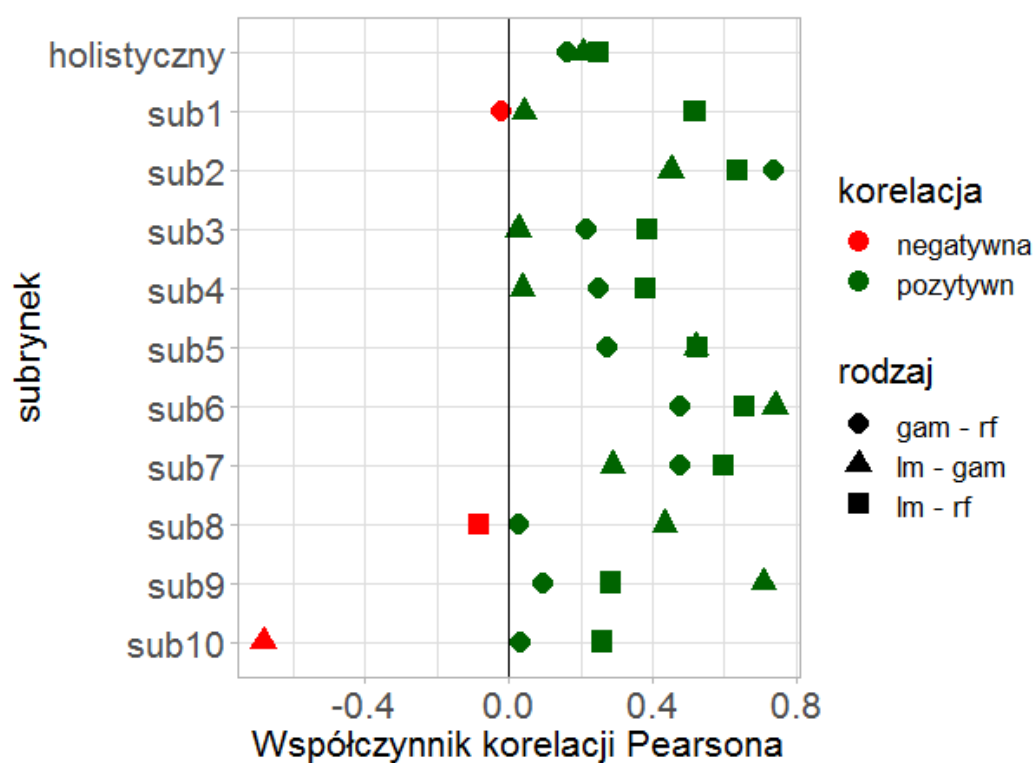
Waloryzacja zabudowy mieszkalnej w obrębie dziesiątego subryнку wykazuje znaczne zróżnicowanie przestrzenne (w porównaniu np. z obszarem Nowego Miasta w subryнку dziewiątym). Ocena atrakcyjności uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (Ryc. 7.4 na stronie 159, B.10 - A na stronie 227) wykazuje mniej przeszacowanych wartości niż uzyskana w oparciu o zgeneralizowany model addytywny (Ryc. B.10 - B na stronie 227). Widoczne jest m.in. znaczne niedoszacowanie wartości atrakcyjności w pobliżu Starego Rynku, który w większości prognoz charakteryzował się wysokim poziomem atrakcyjności.

Większość prognoz ukazuje, że dziesiąty subrynek składa się z dwóch obszarów charakteryzujących się odmiennym poziomem atrakcyjności. Stare Miasto na północy posiada zabudowę mieszkalną bardziej atrakcyjną, zaś południowa część - dzielnica Wilda - mniej atrakcyjną. Najwyższe wartości atrakcyjności znajdują się w okolicy Starego Rynku, nad brzegiem Warty oraz w pobliżu parku im. Jarogniewa i Izabeli Drwęskich w zachodniej części subryнку. Najniższym poziomem atrakcyjności charakteryzuje się tu obszar Wildy.

### **7.3. Porównanie wykorzystanych metod i wyników waloryzacji obszaru zabudowy mieszkalnej**

Uzyskane wyniki ukazują nieraz niejednoznaczny obraz atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej w Poznaniu. Na rycinie 7.5 wskazano, które prognozy wykazywały ze sobą korelację, a więc jak podobne były do siebie pod względem oceny atrakcyjności. Na poziomie poszczególnych subrynków widać, że częściej (w 6 z 10 subrynków) najwyższą korelację wykazują ze sobą modele lasów losowych („rf”) z regresją liniową („lm”), choć najwyższe uzyskane wartości korelacji uzyskano między innymi kombinacjami: dla drugiego subryнку była to wartość 0,74 między modelem GAM oraz lasów losowych, a dla subrynków szóstego i dziewiątego odpowiednio wartości 0,74 i 0,71 między modelami regresji liniowej i GAM. Poza nielicznymi wyjątkami korelacja między uzyskanymi wynikami jest dodatnia.

W celu oceny stabilności wyników względem wykorzystywanego modelu (regresji liniowej, addytywnego i lasów losowych) obliczono również korelację pomiędzy wartościami atrakcyjności uzyskanymi za pomocą pojedynczych modeli dla każdego z subrynków, a korespondującymi z nimi wartościami z odpowiedniego modelu holistycznego. Wyniki korelacji wyników ukazano na rycinie 7.6. Wartości

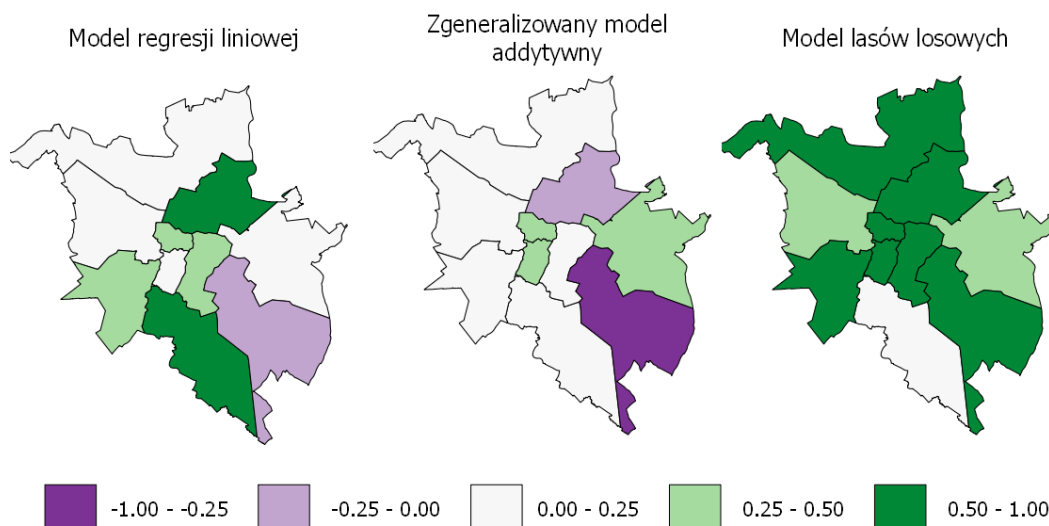


RYC. 7.5: Wartości korelacji Pearsona uzyskanych waloryzacji zabudowy mieszkalnej w Poznaniu. *rf* - waloryzacja na podstawie modelu lasów losowych; *gam* - waloryzacja na podstawie zgeneralizowanego modelu addytywnego; *lm* - waloryzacja na podstawie modelu regresji liniowej.



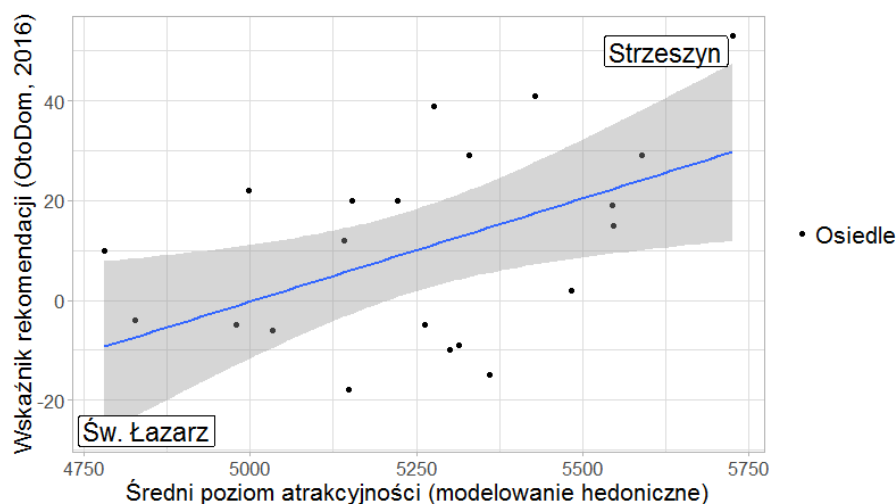
uzyskane dla modelu lasów losowych wykazują większą stabilność niż w pozostałych modelach. Najniższe wartości uzyskano dla zgeneralizowanych modeli addytywnych, które przez duże przeszacowania różnią się od siebie znacząco, w niektórych przypadkach wykazując nawet negatywną korelację.

Informacja o stabilności wyników jest kluczowa dla interpretacji samych waloryzacji. Im stabilniejsze, tym z większą pewnością możemy uznać je za realne odzwierciedlenie stanu rzeczywistego.



RYC. 7.6: Wartości korelacji Pearsona pomiędzy wartościami atrakcyjności zabudowy mieszkalnej uzyskanymi za pomocą modeli subrynkowych, a korespondującymi im wartościami uzyskanymi za pomocą modeli holistycznych.

Jako ostatnią metodę weryfikacji wyników porównano opracowane mapy atrakcyjności zabudowy mieszkalnej z wynikami uzyskanymi w drodze niezależnej od autora niniejszej pracy ankietyzacji mieszkańców przeprowadzonej przez portal „OtoDom” (OTODOM, 2016). W raporcie tym, na podstawie danych zebranych od ponad 3300 mieszkańców miasta, opracowano wskaźnik rekomendacji (*Net Promoter Score* - NPS) ukazujący, czy mieszkańcy poleciliby znajomym mieszkanie w swojej dzielnicy. Wartości uzyskane w wyniku waloryzacji przestrzennej na podstawie skonstruowanych modeli zostały zagregowane do jednostek administracyjnych (osiedli), dla których opracowano dane z raportu „OtoDOM”. Duży wpływ na uzyskane wyniki posiada sposób agregacji uzyskanych wartości atrakcyjności. Badając korelację średniej wartości atrakcyjności w osiedlu ze wskaźnikiem NPS, jedynie waloryzacja przeprowadzona za pomocą modelu lasów losowych wykazała istotną statystycznie korelację (wartość korelacji Pearsona:  $\sim 0,51$ , Ryc. 7.7). Wpływ na to ma skośny rozkład uzyskanych predykcji za pomocą modeli regresji liniowej oraz modeli addytywnych. Badając korelację pomiędzy medianą atrakcyjności, a wartościami NPS, istotna statystycznie relacja występuje dla prognoz lasów losowych ( $\sim 0,45$ ) oraz regresji liniowej ( $\sim 0,56$ ). Wyniki te wyraźnie wskazują, że **zastosowana metoda waloryzacji zabudowy mieszkalnej w Poznaniu dostarcza wyników, które mogą być wykorzystane w celu uzyskania predykcji przestrzennych atrakcyjności miejsca zamieszkania.**



RYC. 7.7: Współzależność liniowa pomiędzy wskaźnikiem rekomendacji uzyskanym na podstawie ankiet przeprowadzonych na próbie 3327 mieszkańców miasta z uzyskanymi średnimi wartościami atrakcyjności zabudowy mieszkalnej (model lasów losowych, rozdział 6).

Porównując wyniki waloryzacji uzyskane za pomocą poszczególnych modeli z subiektywną oceną wynikającą z ankiet, zwraca uwagę zbieżność wyników. Potwierdza ona tym samym zasadność stosowania zaproponowanej w niniejszej pracy metody oceny atrakcyjności zabudowy mieszkalnej. Jednocześnie, jak wynika z przeprowadzonego w Poznaniu studium, podział na subrynki poprawia znacząco jakość modeli regresji liniowej i zgeneralizowanych modeli addytywnych, jakkolwiek nie posiada istotnego wpływu w przypadku lasów losowych. Ze względu na trudności pojawiające się przy wyznaczaniu subrynków i brak ujednoliconej metodologii w tym zakresie, podejście z wykorzystaniem lasów losowych może być tym bardziej warte stosowania.

## Rozdział 8

# Dyskusja

### 8.1. Ograniczenia zaproponowanej metodyki oceny atrakcyjności obszaru miejsca zamieszkania

Jedną z większych trudności do przezwyciężenia w niniejszej pracy był brak szczegółowej informacji dotyczącej stanu mieszkań na rynku nieruchomości. Wiele badań wskazuje, że stan mieszkania (czy jest wyremontowane, urządzone, itp.) stanowi jeden z ważniejszych czynników wpływających na cenę nieruchomości (Tse, 2002; Nilsson, 2014). Dane z Rejestru Cen i Wartości Nieruchomości nie zawierają w sobie takich informacji. Potencjalnym rozwiązaniem tego problemu byłoby pozyskanie danych dotyczących nieruchomości w mieście z innego zbioru danych, np. ofert sprzedaży zamieszczanych w Internecie. Jednakże pozyskiwanie takich danych związane jest z przetwarzaniem naturalnego języka oraz zastosowaniem metod pozyskiwania danych z Internetu (ang. *webscrapping*). Dane takie charakteryzują się niższą wiarygodnością niż oficjalne, pochodzące z rejestrów i wymagałyby drobiazgowego 'czyszczenia' w celu uniknięcia błędów. W przypadku braku opisu stanu mieszkania, potencjalnie możliwe byłoby przetwarzanie udostępnionych zdjęć mieszkania i za pomocą algorytmów uczenia maszynowego opracowanie modelu szacującego stan mieszkania, co jednak znacząco wykracza poza zakres niniejszej pracy.

Inną słabością opracowanej metodyki jest brak uwzględnienia doświadczeń nabywców, które wpływają na ich upodobania, co czyni atrakcyjność bardziej subiektywnym doznaniem. Często z sentymentu, nabywcy mogą wrócić do dzielnicy, w której się wychowali i która jak się spodziewają, pozwoli im dobrze wychować kolejne pokolenie. Zjawisko to nazywane jest przywiązaniem do miejsca. Dotyczy ono poczucia zakorzenienia i łączy się z odpowiednim ładunkiem emocjonalnym (Gawron i in., 2017). Zjawisko to wydaje się jednak obecnie nazbyt skomplikowane do uwzględnienia w dowolnych badaniach wielkoskalowych i może być zależne nawet od przypadkowych aspektów takich jak zapach lub chwilowy efekt estetyczny, który pojawia się po deszczu (Steele, 1981). Jednocześnie możliwe jest, że pewne odczucia względem miasta zakorzeniają się w grupowej świadomości powodując odpowiednio pozytywne lub negatywne skojarzenia. Przykładem takiego zjawiska w Poznaniu jest dzielnica Wilda. W XX wieku nie cieszyła się ona dobrą renomą, co było powiązane z dużą liczbą popełnianych przestępstw. Opinia ta urosła do popkulturowego memu pod wpływem piosenki napisanej przez Krzysztofa „Grabieżę” Grabowskiego z zespołu Strachy na Lachy. Piosenka „Ezoteryczny Poznań” śle przesłanie, że na Wildzie mieszka Szatan. Dziś, mimo policyjnych statystyk stwierdzających, że jest to jedna ze spokojniejszych dzielnic (Bogacka i in., 2016), wciąż panuje przekonanie o Wildzie jako niebezpiecznej dzielnicy (OTODOM, 2016).

Zaprezentowane w niniejszej pracy wyniki ograniczają się do bardzo ścisłego zakresu czasowego i przestrzennego. Opracowane modele mogą służyć charakterystyce obszaru zabudowy mieszkalnej w Poznaniu. Jak wykazały modele subrynkowe, inna przestrzeń związana jest z innym doбором zmiennych oraz innymi funkcjami hedonicznymi w związku z czym modele te nie mogą stanowić bezpośredniej podstawy do oceny atrakcyjności w innych miastach.

Opracowane modele zostały przygotowane w oparciu o dane transakcyjne z lat 2008 - 2014. W samym Poznaniu od 2014 roku nastąpił szereg inwestycji oraz zmian o charakterze jakościowym, które prawdopodobnie wpływają na postrzeganą obecnie atrakcyjność. Przykładem takim może być obszar w pobliżu ronda „Śródka”, czy osiedla „św. Łazarz”, gdzie w ostatnich latach zachodzą silne procesy gentryfikacji związane z wprowadzaniem się młodszych osób i rozwojem lokali gastronomicznych.

Ponadto, modele w pracy zostały opracowane w oparciu o dane dotyczące zabudowy wielorodzinnej, gdyż Rejestr Cen i Wartości Nieruchomości posiadał niepełne informacje dotyczące transakcji w zabudowie jednorodzinnej. W związku z powyższym wyniki mogą stanowić co najwyżej sugestie dotyczące atrakcyjności krajobrazu. Gdyby jednak przeprowadzić badanie dla zabudowy jednorodzinnej, zarówno istotne zmienne jak i ich wpływ hedoniczny na ceny  $m^2$  nieruchomości byłyby inne od uzyskanych w niniejszej pracy.

Wiarygodność opracowanych prognoz przestrzennych uzależniona jest w dużej mierze od lokalizacji nieruchomości. Był to jeden z głównych powodów, dla którego w niniejszej pracy wykorzystano transakcje z rynku wtórnego, a nie pierwotnego. W interpretacji uzyskanych prognoz przestrzennych należy mieć na uwadze, że uwzględnione transakcje były skoncentrowane w wybranych, opisanych w rozdziale 3 obszarach. W wyniku nierównomiernego rozmieszczenia transakcji, osiedla takie jak Ławica, czy Świerczewo scharakteryzowane zostały przez gorsze jakościowo modele subrynkowe, które posiadały mniej wiarygodne prognozy atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej.

Jednym z ważniejszych etapów procesu modelowania atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej jest wybór zmiennych niezależnych mogących mieć wpływ na ceny  $m^2$  nieruchomości. Zmienne użyte w niniejszej pracy dobrane zostały na podstawie przeglądu literatury oraz wiedzy eksperckiej na temat funkcjonowania miasta. Należy jednak dodać, iż lista zmiennych mogłaby w przyszłości zostać rozszerzona o dodatkowe metryki krajobrazowe uwzględniające, przykładowo, wielkości płatów, ich kształt czy rozmieszczenie w przestrzeni. W przypadku zastosowania ukazanej metodyki w innych miastach również należy uwzględnić unikalny charakter analizowanego obszaru. Jednocześnie zaznaczyć należy, że użyte zmienne nie wyczerpują zbioru wszystkich możliwych elementów krajobrazu, gdyż jest to technicznie niewykonalne, choć potencjalnie mogą mieć istotny wpływ na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej. Do takich zmiennych zaliczyć można na przykład dostępność miejsc parkingowych czy przychodni zdrowia.

**Ze względu na silną współliniowość zmiennych przestrzennych konieczna jest interpretacja uzyskanych wyników z uwzględnieniem istniejących korelacji.** Jest to kluczowe, często pomijane, zagadnienie związane z hedoniczną oceną wpływu zmiennych krajobrazowych na atrakcyjność obszarów zabudowy mieszkalnej.

Mimo wyżej wymienionych ograniczeń opracowanej metodyki zaznaczyć należy, że uzyskane wyniki są zbieżne z niezależnie przeprowadzonymi badaniami ankietowymi przeprowadzonymi przez serwis OtoDom (OTODOM, 2016). Uzyskana,

istotna statystycznie, pozytywna korelacja pomiędzy wskaźnikiem rekomendacji, a średnią wartością atrakcyjności uzyskaną za pomocą holistycznych modeli lasów losowych oraz liniowej regresji wskazuje, że **metoda ta może stanowić przybliżoną miarę atrakcyjności obszaru zabudowy mieszkalnej. Jest przy tym tańsza, szybsza oraz pozwala uzyskać estymację atrakcyjności o wyższej rozdzielczości niż w przypadku badań ankietowych.**

## 8.2. Zastosowanie

Zaprezentowana metodyka oceny atrakcyjności miejsca zamieszkania w mieście pozwala oszacować wpływ czynników przestrzennych na wartość miejsca zamieszkania, a tym samym, w pewnym zakresie, na jakość życia. Umożliwia przez to zlokalizowanie obszarów nieatrakcyjnych oraz kształtowanie przestrzeni miejskiej minimalizujące wpływ negatywnych dominant, potencjalnie poprawiając jakość życia mieszkańców. Z punktu widzenia rozwoju miasta, ocena atrakcyjności przestrzeni pozwala (1) zachować obszary o szczególnych walorach krajobrazowych, (2) wspomóc proces opracowywania Miejsowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego oraz, za pomocą symulacji, (3) dokonywać oceny wpływu proponowanych inwestycji na życie mieszkańców.

Ponieważ przeprowadzona ocena atrakcyjności zabudowy mieszkalnej oparta jest na danych dotyczących rynku wtórnego, który może charakteryzować się innymi relacjami czynników przestrzennych względem atrakcyjności zabudowy mieszkalnej niż rynek pierwotny, dyskusyjna pozostaje kwestia wykorzystania uzyskanych wyników przez deweloperów osiedli mieszkaniowych. Jednocześnie, możliwe jest wykorzystanie w przyszłości opracowanej metodyki z uwzględnieniem transakcji z rynku pierwotnego, choć należy mieć na uwadze, że rynek pierwotny charakteryzuje się większym skupieniem w przestrzeni miejskiej (mniej równomiernym rozmieszczeniem transakcji) co, jak wykazano w obrębie subryнку pierwszego i ósmego (rozdział 7), wpływa na jakość i wiarygodność modeli.

## 8.3. Perspektywy badawcze

Traktując niniejszą pracę jako punkt wyjścia do dalszych studiów należy zwrócić uwagę na otwierające się, a wynikające bezpośrednio z uzyskanych wyników, nowe perspektywy badawcze. Uzyskane rezultaty umożliwiają zastosowanie podobnych metod dla porównania atrakcyjności różnych miast. Potencjalnie pozwoliłoby to odpowiedzieć na pytania:

- jakie podobieństwa bądź różnice występują pomiędzy strukturą przestrzenną krajobrazów poszczególnych miast?
- czy te same czynniki strukturalne wpływają na atrakcyjność w podobny sposób niezależnie od miasta?
- czy elementy występujące rzadziej (przykładowo gorszy dostęp do lasów w mieście) stanowią dobra luksusowe w rozumieniu silniejszego wpływu na poziom atrakcyjności?

Pytania te na chwilę obecną pozostają bez odpowiedzi. Jednakże, ponieważ ukazana w niniejszej pracy metodyka pozwala szacować atrakcyjność w dowolnym obszarze miejskim (lub innym o szczególnie dużej liczbie transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości), kwestią czasu pozostaje, kiedy przeprowadzone zostaną badania porównawcze miast. Możliwe jest to tym bardziej, że jako jedno z narzędzi służących niezależnej weryfikacji uzyskanych wyników wykorzystano raport serwisu OtoDom (OTODOM, 2016), który przygotował rankingi dzielnic również dla innych (poza Poznaniem) miast w Polsce.

Kolejne możliwości badań związane są ze sprawdzeniem, czy i w jaki sposób, atrakcyjność mierzona hedonicznie jest uwarunkowana przez cechy osób (np. wiek) kupujących mieszkanie (Hanna, 2007). Badania te są obecnie mocno utrudnione ze względu na słabą dostępność danych demograficznych. Potencjalnym rozwiązaniem tego problemu mogą być udostępnione w 2015 roku przez Główny Urząd Statystyczny dane dotyczące zróżnicowania społeczno - ekonomicznego mieszkańców miast wojewódzkich. Dane te zostały zagregowane do siatki kwadratów o boku 500 m (Basarbowicz i in., 2015). Mogą one stanowić podstawę analizy wpływu struktury demograficznej na ceny nieruchomości lub postrzeganie atrakcyjności krajobrazu. Potencjalne podejście do problemu mogłoby opierać się na podziale miasta na subrynki nie ze względu na cechy struktury krajobrazu (jak to miało miejsce w niniejszej pracy), ale ze względu na strukturę demograficzną, a następnie powtórzenie modelowania w nowych wydzieleniach.

Jednym z niepodjętych w niniejszej pracy kierunków jest weryfikacja na podstawie utworzonych predykcji czy analizowane obiekty mają wpływ taki, jaki został oszacowany na podstawie modeli. Jak opisano w rozdziale 5 i wykazano w rozdziałach 4, 6 i 7, wiele czynników przestrzennych jest ze sobą silnie skorelowanych. Oszacowany wpływ bliskiego sąsiedztwa centrum miasta posiada prawie tak samo często negatywny, jak i pozytywny wpływ na atrakcyjność. Można przeciwdziałać wpływowi współliniowości przez stosowanie zróżnicowanych miar odległości lub czasu dojazdu, jak również świadomej transformacji (np. logarytmizacji danych) jednak nie jest to rozwiązanie pozbawione wad. Sposoby radzenia sobie z tym problemem zostały szerzej opisane w rozdziale 5. Zdaniem autora możliwe jest również zastosowanie odmiennej metody służącej wyeliminowaniu silnie skorelowanych ze sobą zmiennych dotyczących odległości, tj. obliczanie odległości nie od sprecyzowanych „pojedynczych” elementów krajobrazu (jak lasy), ale od kombinacji silnie skorelowanych obiektów (np. lasów i centrum miasta). Wymagałoby to redukcji zmiennych (być może za pomocą analizy składowych głównych), co może jednak znacząco utrudnić interpretację wyników. Możliwe jest również wyznaczenie stref buforowych wokół lasów i zweryfikowanie, czy oszacowana atrakcyjność jest statystycznie istotnie różna od atrakcyjności w pozostałych częściach miasta. W ten sposób ominięty zostanie problem silnie skorelowanych ze sobą zmiennych i jednocześnie pozwolić uzyskać dodatkową informację na temat wpływu poszczególnych elementów krajobrazu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej.

Kolejnym sposobem przeciwdziałania współliniowości byłoby zastosowanie wag nadanych poszczególnym zmiennym niezależnym. Jednym ze sposobów mogłoby być użycie metody „*Analytical Hierarchical Process*” (AHP) lub badań ankietowych, w celu określenia istotności poszczególnych zmiennych. Następnie ‘wagać’ odpowiednio zmienne niezależne w procesie modelowania możliwe byłoby uzyskanie innych (potencjalnie bardziej wiarygodnych) wyników. Wpływ zmiennych niezależnych można również ‘wagać’ za pomocą odwrotnej odległości od nich. W obu tych przypadkach proces modelowania podlega znacznemu skomplikowaniu,

w związku z czym nie został wykorzystany w niniejszej pracy. Pewnym rozwiązaniem nawiązującym do tych metod byłoby również użycie przestrzennych modeli hierarchicznych (Arab i in., 2008) lub użycie modeli równań strukturalnych (*Structural Equation Model - SEM*, Kaplan, 2008).

Do perspektyw badawczych będących następstwem niniejszej pracy zaliczyć można również zbadanie autokorelacji reszt uzyskanych modeli. Może to pomóc zlokalizować nieuchwycone w niniejszej pracy czynniki przestrzenne posiadające istotny wpływ na ceny  $m^2$  nieruchomości poprawiając tym samym jakość modeli (Kopczewska, 2007).

Podobnie samo użycie modeli ekonometrycznych może podnieść jakość modeli niwelując wpływ autokorelacji cen wynikającej z ustalania ich wartości na podstawie sąsiadujących nieruchomości (zob. rozdział 2.3.5). Potencjalnie można wykorzystać oszacowane za pomocą modeli lasów losowych relacje pomiędzy ceną  $m^2$  nieruchomości a zmiennymi niezależnymi do transformacji danych wejściowych (np. za pomocą funkcji sigmoidalnych), a następnie wykorzystać je w modelach opóźnienia przestrzennego (*spatial lag*) lub modelach błędu przestrzennego (*spatial error*, Kopczewska, 2007). Należy jednak mieć na uwadze, że zastosowanie modeli przestrzennych do przestrzennej prognozy (waloryzacji przestrzeni) może stanowić osobny, skomplikowany problem do rozwiązania.

Szczególne miejsce wśród przestrzennych modeli zajmuje geograficznie ważona regresja, której zastosowanie w modelowaniu cen  $m^2$  nieruchomości wielokrotnie wykazywało znacznie lepsze wyniki niż modeli nieprzestrzennych (Chrostek i in., 2013; Huang i in., 2010; Bitter i in., 2007b). Podobnie jak w modelach opóźnienia przestrzennego i modelach błędu przestrzennego dużym wyzwaniem jest jednak ich zastosowanie w prognozach przestrzennych. Potencjalnym rozwiązaniem byłoby utworzenie pośrednich warstw rastrowych będących wynikiem interpolacji oszacowanych dla poszczególnych transakcji współczynników kierunkowych i użycie ich jako przestrzennie ważonych wag dla poszczególnych zmiennych niezależnych. Podejście to z całą pewnością wymaga głębszych studiów metodologicznych i może być obecnie traktowane co najwyżej jako eksperymentalne.

W niniejszej pracy wartości oszacowane dla udziału roślinności wysokiej w najbliższym sąsiedztwie wielokrotnie wykazywały niespodziewaną relację z ceną  $m^2$  nieruchomości. Przyjęta obecnie hipoteza oparta na badaniach Jasiewicza (Jasiewicz i in., 2018) zakłada, że wynika to z wieku zabudowy, jednak brak danych w tym zakresie uniemożliwił jej weryfikację. Zdaniem autora niniejszej pracy jest to kierunek, który powinien zostać szerzej zbadany.

W wyniku modelowania z użyciem zgeneralizowanych modeli addytywnych oraz lasów losowych zauważyć można, iż kształt funkcji hedonicznych wpływu poszczególnych elementów struktury krajobrazu na cenę  $m^2$  nieruchomości często przyjmuje charakter liniowy, logarytmiczny, wykładniczy bądź sigmoidalny. Możliwe jest podjęcie działań mających na celu pogrupowanie wybranych czynników ze względu na kształt uzyskanych funkcji oraz próba interpretacji zbieżności ich kształtu. Możliwe, że kształt wynika nie z samych obiektów/elementów struktury krajobrazu, ale z bezpośredniej przyczyny wpływającej na poziom atrakcyjności: hałasu, zanieczyszczeń, estetyki, itp. Tym samym po dokonaniu odpowiedniego grupowania łatwiej można by uniknąć współliniowości ich wpływu, gdyż liczba zmiennych zostanie zredukowana w wyniku zgrupowania elementów krajobrazowych o podobnym wpływie na poziom atrakcyjności.

W niniejszej pracy zastosowano trzy podstawowe formy modelowania: regresji liniowej, zgeneralizowany model addytywny oraz model lasów losowych, co nie

wyczerpuje listy potencjalnych modeli. Stosunkowo często używane są w modelowaniu hedonicznym cen nieruchomości modele autoregresji przestrzennej, które nie zostały wykorzystane w niniejszej pracy z przyczyn opisanych w rozdziale 2. Wśród modeli zajmujących szczególne miejsce w pracach geografów jest tzw. geograficznie ważona regresja. Jej przewaga polega na uwzględnianiu lokalizacji przestrzennej i charakterystyk sąsiadów, jednak trudności pojawiają się w interpretacji wyników, gdyż każda nieruchomość uzyskuje w jej wyniku osobny model hedoniczny. Potencjalne zastosowanie mogą tu również mieć modele, które podobnie jak model lasów losowych nie były do tej pory rozważane w kontekście szacowania hedonicznego wpływu zmiennych niezależnych. Zaliczyć do nich można między innymi sieci neuronowe lub xgboost.



## Rozdział 9

# Podsumowanie

W pracy przedstawiono nowatorską metodę oceny atrakcyjności zabudowy mieszkalnej opartą o modelowanie hedoniczne cen nieruchomości. Uzyskane wyniki pozwalają oszacować wpływ wybranych elementów krajobrazu na atrakcyjność miejsca zamieszkania oraz dokonać waloryzacji przestrzeni mieszkalnej w mieście. Co istotne, **wyniki te są zgodne z niezależnymi badaniami ankietowymi** przeprowadzonymi na próbie ponad 3 300 mieszkańców Poznania (OTODOM, 2016). uzyskane wyniki **potwierdzają postawioną hipotezę badawczą, że atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej można szacować za pomocą hedonicznego modelowania cen m<sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego**. W pracy dokonano estymacji wpływu wybranych elementów struktury krajobrazu na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej, a wyniki są w większości **zbieżne z obecnym stanem wiedzy**. Za pomocą przestrzennego modelowania oszacowano również poziom atrakcyjności obszarów zabudowy mieszkalnej w Poznaniu, którego wyniki są zbieżne z obecnym stanem wiedzy oraz niezależnymi badaniami ankietowymi.

Spośród analizowanych czynników krajobrazowych na szczególną uwagę zasługuje wpływ liczby form ukształtowania terenu, który nie jest czynnikiem często wybieranym do modelowania cen nieruchomości, natomiast w niniejszym badaniu wielokrotnie okazywał się istotny statystycznie i zawsze posiadał pozytywny wpływ na mierzoną atrakcyjność. Interesujący jest również wpływ placówek edukacyjnych: przedszkoli, szkół podstawowych oraz ponadpodstawowych, których bliskie sąsiedztwo obniża atrakcyjność zabudowy. Do czynników, które najczęściej wykazywały negatywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania zaliczone zostały również kościoły, drogi utwardzone, termy maltańskie, katedra, autostrada, targowiska, kina, stadion i zabytki, które są silnie związane z dużym natężeniem ruchu oraz hałasem. Również więzienie stanowi negatywną dominantę w krajobrazie obniżając w najbliższym sąsiedztwie atrakcyjność miejsca zamieszkania. Co ciekawe, wysoki poziom bezpośredniego nasłonecznienia obniża atrakcyjność, podobnie jak wysoki udział roślinności wysokiej, jednak w tym drugim przypadku najprawdopodobniej wynika to z wieku zabudowy - im młodsza zabudowa, tym mniej drzew, a ceny m<sup>2</sup> nieruchomości wyższe. Pozytywny wpływ na atrakcyjność w Poznaniu mają natomiast Most Teatralny (główny węzeł komunikacyjny), obiekty kultury fizycznej, duże parki miejskie (Cytadela oraz Kasprowicza przy budynku hali sportowo - rekreacyjnej Arena), Stary Rynek oraz rzeka Warta.

Spośród analizowanych czynników wiele z nich posiadało mieszany wpływ negatywnie oddziałując na atrakcyjność w bliskim sąsiedztwie, ale pozytywny w nieco większej odległości. Równie często niektóre czynniki wykazywały pozytywną relację w jednym obszarze i negatywną w innym. Przykładowo odległość od kominów wykazywała czasem pozytywną, a czasem negatywną korelację z ceną m<sup>2</sup>. Może to

wynikać z faktu, że obecność kominów łączy się z zanieczyszczeniem powietrza, ale też może oznaczać (jako obiekt przemysłowy) dostępność miejsc pracy.

Praca uwydatniła wady modelowania hedonicznego traktowanego w literaturze często jako metoda określenia wpływu poszczególnych czynników na wartość danego dobra. Metoda posiada taki potencjał, jednak w przypadku modelowania cen nieruchomości, a w konsekwencji atrakcyjności miejsca zamieszkania korelacja zmiennych przestrzennych może zaburzać oszacowane parametry. Należy na to szczególnie zwracać uwagę podczas interpretacji uzyskiwanych wyników.

Metodycznie, najlepszą formą modelowania atrakcyjności miejsca zamieszkania, spośród przeanalizowanych w pracy, jest model lasów losowych. Uzyskane dzięki niemu wyniki utrzymują rozkład normalny atrakcyjności nie tylko dla danych treningowych i testowych, ale również w prognozie przestrzennej. Jego dodatkową zaletą jest brak konieczności transformacji danych oraz mniejszy wpływ współliniowości danych na oszacowane w wyniku modelowania współczynniki. Jednocześnie podział przestrzeni na mniejsze subprzestrzenie pozwala lepiej oszacować wpływ lokalnych czynników, jak również uzyskać (w przypadku modeli regresji liniowej oraz modeli addytywnych) bardziej wiarygodne prognozy.

Pośrednim efektem wynikającym z przeprowadzonych badań jest również **opracowanie autorskiej metodyki tworzenia szczegółowych map pokrycia terenu oraz metodyki wyznaczania subrynków nieruchomości**. Obie mogą stanowić podstawę kolejnych badań związanych z funkcjonowaniem i strukturą geoeosystemów miejskich.

# Bibliografia

- Abraham, J. M., W. N. Goetzmann i S. M. Wachter (1994). "Homogeneous groupings of metropolitan housing markets". W: *Journal of Housing Economics* 3.3, s. 186–206.
- Adair, A. S., J. N. Berry i W. S. McGreal (1996). "Hedonic modelling, housing submarkets and residential valuation". W: *Journal of property Research* 13.1, s. 67–83.
- Aguilera, F., L. M. Valenzuela i A. Botequilha-Leitão (2011). "Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area". W: *Landscape and Urban Planning* 99.3-4, s. 226–238.
- Alberti, M. i P. Waddell (2000). "An integrated urban development and ecological simulation model". W: *Integrated Assessment* 1, s. 215–227.
- Alberti, M. (2008). *Advances in Urban Ecology: Integrating Human and Ecological Processes in Urban Ecosystems*.
- Alberti, M., J. M. Marzluff, E. Shulenberger, G. Bradley, C. Ryan i C. Zumbrunnen (2008). *Urban Ecology*.
- Allen, M. T., T. M. Springer i N. G. Waller (1995). "Implicit pricing across residential rental submarkets". W: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 11.2, s. 137–151.
- Antipov, E. A. i E. B. Pokryshevskaya (2012). "Mass appraisal of residential apartments: An application of Random forest for valuation and a CART-based approach for model diagnostics". W: *Expert Systems with Applications* 39.2, s. 1772–1778.
- Antrop, M. (2000). "Background concepts for integrated landscape analysis". W: *Agriculture, ecosystems & environment* 77.1-2, s. 17–28.
- Arab, A., M. B. Hooten i C. K. Wikle (2008). "Hierarchical spatial models". W: *Encyclopedia of GIS*. Springer, s. 425–431.
- Assunção, R. M., M. C. Neves, G. Câmara i C. da Costa Freitas (2006). "Efficient regionalization techniques for socio-economic geographical units using minimum spanning trees". W: *International Journal of Geographical Information Science* 20.7, s. 797–811.
- Baranzini, A., J. Ramirez, C. Schaerer i P. Thalmann (2008). *Hedonic methods in housing markets: Pricing environmental amenities and segregation*. Springer Science & Business Media.
- Basarbowicz, K., A. Dąbrowski, S. Filas-Przybył, M. Kaźmierczak, T. Klimanek, J. Kowalewski, K. Kruska, D. Pawlikowski, D. Stachowiak i M. Stawikowska (2015). *Identyfikacja obszarów specjalnych wewnątrz miast wojewódzkich oraz na ich obszarach funkcjonalnych uwzględniających sytuację demograficzną i ekonomiczną ich mieszkańców na podstawie analiz przestrzennych z wykorzystaniem Geographic Information System (GIS)*. Spraw. tech.
- Basu, S. i T. G. Thibodeau (1998). "Analysis of spatial autocorrelation in house prices". W: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 17.1, s. 61–85.
- Bateman, I. J., G. D. Garrod, J. S. Brainard i A. A. Lovett (1996). "Measurement issues in the travel cost method: a geographical information systems approach". W: *Journal of Agricultural Economics* 47.1-4, s. 191–205.

- Batty, M. i Y. Xie (1999). "Self-organized criticality and urban development". W: 3, s. 109–124.
- Bazyl, M. (2009). "Hedonic price model for Warsaw housing market". W: *Working Papers, Department of Applied Econometrics, Warsaw School of Economics* 8, s. 1–16.
- Berlyne, D. E. (1974). *Studies in the new experimental aesthetics: Steps toward an objective psychology of aesthetic appreciation*. Hemisphere.
- Biecek, P. i K. Trajkowski (2011). "Na przełaj przez Data Mining". W: URL: <http://www.biecek.pl>.
- Bischoff, O. i W. Maennig (2011). "Rental housing market segmentation in Germany according to ownership". W: *Journal of Property Research* 28.2, s. 133–149.
- Bitter, C., G. F. Mulligan i S. Dall'erba (2007a). "Incorporating spatial variation in housing attribute prices: A comparison of geographically weighted regression and the spatial expansion method". W: *Journal of Geographical Systems* 9.1, s. 7–27.
- Bitter, C., G. F. Mulligan i S. Dall'erba (2007b). "Incorporating spatial variation in housing attribute prices: a comparison of geographically weighted regression and the spatial expansion method". W: *Journal of Geographical Systems* 9.1, s. 7–27.
- Bogacka, E. i A. Siniecka (2016). "Poczucie bezpieczeństwa mieszkańców miasta. Przykład Poznania". W: *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna* 33, s. 57–71.
- Bolitzer, B. i N. R. Netusil (2000). "The impact of open spaces on property values in Portland, Oregon". W: *Journal of environmental management* 59.3, s. 185–193.
- Bossard, M., J. Feranec, J. Otahel i in. (2000). *CORINE land cover technical guide: Addendum 2000*. Spraw. tech.
- Bourassa, S. C., E. Cantoni i M. Hoesli (2007). "Spatial dependence, housing submarkets, and house price prediction". W: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 35.2, s. 143–160.
- Bourassa, S. C., F. Hamelink, M. Hoesli i B. D. MacGregor (1999). "Defining housing submarkets". W: *Journal of Housing Economics* 8.2, s. 160–183.
- Bourassa, S. C., M. Hoesli i V. S. Peng (2003). "Do housing submarkets really matter?" W: *Journal of Housing Economics* 12.1, s. 12–28.
- Bowen, N. K. i G. L. Bowen (1999). "Effects of crime and violence in neighborhoods and schools on the school behavior and performance of adolescents". W: *Journal of Adolescent Research* 14.3, s. 319–342.
- Braat, L. C. i R. De Groot (2012). "The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy". W: *Ecosystem Services* 1.1, s. 4–15.
- Brasington, D. M. i D. Hite (2005). "Demand for environmental quality: a spatial hedonic analysis". W: *Regional science and urban economics* 35.1, s. 57–82.
- Breheny, M. J. i in. (1992). *Sustainable development and urban form*. T. 2. Pion London.
- Broadbent, D. E. (1958). "The effects of noise on behaviour." W: *Perception and communication*.
- Brunsdon, C., A. Fotheringham i M. Charlton (2002). "Geographically weighted summary statistics—a framework for localised exploratory data analysis". W: *Computers, Environment and Urban Systems* 26.6, s. 501–524.
- Cassel, E. i R. Mendelsohn (1985). "The choice of functional forms for hedonic price equations: comment". W: *Journal of Urban Economics* 18.2, s. 135–142.
- Cavailhès, J., T. Brossard, J.-C. Foltête, M. Hilal, D. Joly, F.-P. Tourneux, C. Tritz i P. Wavresky (2009). "GIS-based hedonic pricing of landscape". W: *Environmental and resource economics* 44.4, s. 571–590.

- Cebula, R. J. (2009). "The Hedonic Pricing Model Applied to the Housing Market of the City of Savannah and Its Savannah Historic Landmark District". W: *Review of Regional Studies* 39.1, s. 9–22.
- Ceccato, V. i M. Wilhelmsson (2011a). "The Impact Of Crime On Apartment Prices: Evidence From Stockholm, Sweden". W: *Geografiska Annaler, Series B: Human Geography* 93.1, s. 81–103.
- Ceccato, V. i M. Wilhelmsson (2011b). "The impact of crime on apartment prices: Evidence from Stockholm, Sweden". W: *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography* 93.1, s. 81–103.
- Cervero, R. i C. D. Kang (2011). "Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea". W: *Transport Policy* 18.1, s. 102–116.
- Cesarski, M. (2012). "Od funkcjonalnego mieszkania ku zrównoważonej przestrzeni zamieszkiwania–rola infrastruktury osadniczej". W: *Studia i Prace KES* 2, s. 10.
- Chavent, M., V. Kuentz-Simonet, A. Labenne i J. Saracco (2017). "ClustGeo: an R package for hierarchical clustering with spatial constraints". W: *Computational Statistics*, s. 1–24.
- Chmielewski, T. J. (2011). "Landscape systems: spatial structure and speed of changes". W: *Problemy Ekologii Krajobrazu* 30, s. 23–30.
- Chmielewski, T. J. (2012). *Systemy krajobrazowe: struktura-funkcjonowanie-planowanie*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Chrostek, K., K. Kopczewska i in. (2013). "Spatial prediction models for real estate market analysis". W: *Ekonomia* 35.
- Clapp, J. M. (2003). "A Semiparametric Method for Valuing Residential Locations: Application to Automated Valuation". W: *Journal of Real Estate Finance and Economics* 27.3, s. 303–320.
- Clauset, A., M. E. Newman i C. Moore (2004). "Finding community structure in very large networks". W: *Physical review E* 70.6.
- Coffee, N. T., T. Lockwood, G. Hugo, C. Paquet, N. J. Howard i M. Daniel (2013). "Relative residential property value as a socio-economic status indicator for health research". W: *International Journal of Health Geographics* 12, s. 22.
- Conrad, O., B. Bechtel, M. Bock, H. Dietrich, E. Fischer, L. Gerlitz, J. Wehberg, V. Wichmann i J. Böhner (2015). "System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1. 4". W: *Geoscientific Model Development* 8.7, s. 1991–2007.
- Crucitti, P., V. Latora i S. Porta (2006). "Centrality measures in spatial networks of urban streets". W: *Physical Review E* 73.3, s. 036125.
- Czembrowski, P. i J. Kronenberg (2016). "Hedonic pricing and different urban green space types and sizes: Insights into the discussion on valuing ecosystem services". W: *Landscape and Urban Planning* 146, s. 11–19.
- Czepkiewicz, M. i in. (2017). "Analiza geoinformacyjna jakości życia mieszkańców Poznania a układ strukturalny zieleni miejskiej". W:
- Czepkiewicz, M., P. Jankowski i Z. Zwoliński (2018). "Geo-questionnaire: a spatially explicit method for eliciting public preferences, behavioural patterns, and local knowledge—an overview". W: *Quaestiones Geographicae* 37.3, s. 177–190.
- Czubała, A., A. Jonas, T. Smoleń i J. W. Wiktor (2012). *Marketing usług*. Wolters Kluwer.
- Dąbrowski, A. (2016). "Metodyka opracowywania szczegółowych map pokrycia terenu na podstawie istniejących źródeł danych przestrzennych." W: *Problemy Ekologii Krajobrazu*.
- D'Acci, L. (2011). "Measuring well-being and progress". W: *Social Indicators Research* 104.1, s. 47–65.

- D'Acci, L. (2013). "Hedonic inertia and underground happiness". W: *Social Indicators Research* 113.3, s. 1237–1259.
- D'Acci, L. (2014). "Monetary, subjective and quantitative approaches to assess urban quality of life and pleasantness in cities (hedonic price, willingness-to-pay, positional value, life satisfaction, isobenefit lines)". W: *Social Indicators Research* 115.2, s. 531–559.
- D'Acci, L. (2018). "Quality of urban area, distance from city centre, and housing value. Case study on real estate values in Turin". W: *Cities*.
- Damigos, D. i F. Anyfantis (2011). "The value of view through the eyes of real estate experts: A Fuzzy Delphi Approach". W: *Landscape and Urban Planning* 101.2, s. 171–178.
- Daszyńska-Golińska, Z. (1928). "Mieszkanie jako problem polityki społecznej". W: Debrezion, G., E. Pels i P. Rietveld (2007a). "The impact of railway stations on residential and commercial property value: A meta-analysis". W: *Journal of Real Estate Finance and Economics* 35.2, s. 161–180.
- Debrezion, G., E. Pels i P. Rietveld (2007b). "The impact of railway stations on residential and commercial property value: a meta-analysis". W: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 35.2, s. 161–180.
- Degórska, B. (2005). "„Przeciwdziałanie niekontrolowanej suburbanizacji". W: *Możliwości rozwiązań krajowych w kontekście przyjętych praktyk europejskich*", w: P. Lorens (red.), *Problem suburbanizacji*, Warszawa: Urbanista, s. 255–263.
- Dijkstra, L. i H. Poelman (2012). "Cities in Europe : The new OECD-EC definition". W: *Regional and Urban Policy*, s. 16.
- Donovan, G. H. i J. P. Prestemon (2012). "The effect of trees on crime in Portland, Oregon". W: *Environment and Behavior* 44.1, s. 3–30.
- Drzewiecki, W. (2008). "Monitoring zmian pokrycia i użytkowania terenu na podstawie wieloczasowych obrazów teledetekcyjnych". W: *Roczniki Geomatyki* VI, s. 131–142.
- Dubin, R. A. i A. C. Goodman (1982). "Valuation of education and crime neighborhood characteristics through hedonic housing prices". W: *Population and environment* 5.3, s. 166–181.
- Dziwioński, K. (1956). "Geografia osadnictwa i zaludnienia". W: *Dorobek, podstawy teoretyczne i problemy badawcze, Przegląd Geograficzny* 28.4, s. 721–764.
- Easterbrook, J. A. (1959). "The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior." W: *Psychological review* 66.3, s. 183.
- European Environment Agency (EEA) (2009). "Corine land cover". W: s. 1–163. URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-clc1990-100-m-version-12-2009%7B%5C#%7Dtab-gis-data>.
- European Environmental Agency (1994). "CORINE Land Cover. Technical Guide." W: *Official Publications of the European Communities* November, s. 1–94.
- Eurostat (2017). *Degree of urbanization*. URL: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Degree\\_of\\_urbanisation\\_classification\\_-\\_2011\\_revision#Degree\\_of\\_urbanisation\\_classification](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Degree_of_urbanisation_classification_-_2011_revision#Degree_of_urbanisation_classification) (term. wiz. 15.07.2018).
- Fennema, A., F. Veeneklaas i J. Vreke (1996). "Meerwaarde woningen door nabijheid van groen; relatie in vooronderzoek empirisch aangetoond". W: *Stedebouw en Ruimtelijke Ordening* 77.3, s. 33–35.
- Follain, J. R. i E. Jimenez (1985). "Estimating the demand for housing characteristics: a survey and critique". W: *Regional science and urban economics* 15.1, s. 77–107.

- Foltyn-Zarychta, M. (2008). "Analiza kosztów-korzyści w ocenie efektywności inwestycji proekologicznych". W: *Prace Naukowe/Akademia Ekonomiczna w Katowicach*.
- Forman, R. T. i M. Godron (1984). "Landscape ecology principles and landscape function". W: *Methodology in landscape ecological research and planning: proceedings, 1st seminar, International Association of Landscape Ecology, Roskilde, Denmark, Oct 15-19, 1984*/eds. J. Brandt, P. Agger. Roskilde, Denmark: Roskilde University Centre, 1984.
- Freeman, A. M. (1979). "The hedonic price approach to measuring demand for neighborhood characteristics". W: *The economics of neighborhood*. Elsevier, s. 191–217.
- Gabriel, S. A. i J. R. Wolch (1984). "Spillover effects of human service facilities in a racially segmented housing market". W: *Journal of Urban Economics* 16.3, s. 339–350.
- Gao, X. i Y. Asami (2007). "Effect of urban landscapes on land prices in two Japanese cities". W: *Landscape and Urban Planning* 81.1-2, s. 155–166.
- Gawron, H., M. Trojanek, P. Lis, S. Palicki i K. Celka (2017). *Polityka mieszkaniowa Miasta Poznania na lata 2017-2027*. Spraw. tech. Centrum Polityk Publicznych.
- Geniaux, G. i C. Napoléone (2008). "Semi-parametric tools for spatial hedonic models: an introduction to mixed geographically weighted regression and geosadditive models". W: *Hedonic Methods in Housing Markets*. Springer, s. 101–127.
- Gibbons, S. i S. Machin (2003). "Valuing English primary schools". W: *Journal of urban economics* 53.2, s. 197–219.
- Giza, W. (2016). "O ewolucji ekonomicznej teorii wartości". W: *Studia Ekonomiczne* 259, s. 49–59.
- Główny Urząd Statystyczny Bank Danych Lokalnych (2017). URL: <https://bdl.stat.gov.pl> (term. wiz. 09.07.2018).
- Goodman, A. C. (1978). "Hedonic prices, price indices and housing markets". W: *Journal of urban economics* 5.4, s. 471–484.
- Goodman, A. C. i T. G. Thibodeau (2003). "Housing market segmentation and hedonic prediction accuracy". W: *Journal of Housing Economics* 12.3, s. 181–201.
- Goodman, A. C. i T. G. Thibodeau (2007). "The spatial proximity of metropolitan area housing submarkets". W: *Real Estate Economics* 35.2, s. 209–232.
- Gooley, T. (2017). *Przewodnik wędrowca*. Otwarte.
- GRASS Development Team (2017). *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software, Version 7.2*. Open Source Geospatial Foundation. URL: <http://grass.osgeo.org>.
- Graves, P. E. (2011). "The hedonic method: value of statistical life, wage compensation, and property value compensation". W: *Research Tools In Natural Resource And Environmental Economics*. World Scientific, s. 189–213.
- Gujarati, D. (2014). *Econometrics by example*. Palgrave Macmillan.
- Guo, D. (2008). "Regionalization with dynamically constrained agglomerative clustering and partitioning (REDCAP)". W: *International Journal of Geographical Information Science* 22.7, s. 801–823.
- Guzik, B. (2008). "Statystyczne metody szacowania atrakcyjności lokalizacji mieszkań". W: *Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy* 1, s. 233–250.
- Hahs, A. K. i M. J. McDonnell (2006). "Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban-rural gradient". W: *Landscape and Urban Planning* 78.4, s. 435–448.

- Halpin, P. N. (1997). "Global climate change and natural-area protection: management responses and research directions". W: *Ecological Applications* 7.3, s. 828–843.
- Hanink, D. M., R. G. Cromley i A. Y. Ebenstein (2012). "Spatial Variation in the Determinants of House Prices and Apartment Rents in China". W: *Journal of Real Estate Finance and Economics* 45.2, s. 347–363.
- Hanna, B. G. (2007). "House values, incomes, and industrial pollution". W: *Journal of Environmental Economics and Management* 54.1, s. 100–112.
- Hansen, A. J., P. G. Risser i F. di Castri (1992). "Epilogue: biodiversity and ecological flows across ecotones". W: *Landscape boundaries*. Springer, s. 423–438.
- Hartig, T. i G. W. Evans (1993). "Psychological foundations of nature experience". W: *Advances in psychology*. T. 96. Elsevier, s. 427–457.
- Hebák, P. i J. Kiovák (1982). "Wybór najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych". W:
- Heft, H. (1979). "Background and focal environmental conditions of the home and attention in young children". W: *Journal of Applied Social Psychology* 9.1, s. 47–69.
- Helbich, M., W. Brunauer, J. Hagenauer i M. Leitner (2013a). "Data-Driven Regionalization of Housing Markets". W: *Annals of the Association of American Geographers* 103.4, s. 871–889.
- Helbich, M., W. Brunauer, J. Hagenauer i M. Leitner (2013b). "Data-driven regionalization of housing markets". W: *Annals of the Association of American Geographers* 103.4, s. 871–889.
- Helbich, M., A. Jochem, W. Mücke i B. Höfle (2013c). "Boosting the predictive accuracy of urban hedonic house price models through airborne laser scanning". W: *Computers, Environment and Urban Systems* 39, s. 81–92.
- Heldens, W., T. Esch, U. Heiden, A. Müller i S. Dech (2009). "Exploring the demands on hyperspectral data products for urban planning: A case study in the Munich region". W: *Proceedings of the 6th EARSeL Imaging Spectroscopy SIG Workshop, Tel Aviv, Israel*, s. 16–19.
- Herold, M., H. Couclelis i K. C. Clarke (2005). "The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change". W: *Computers, environment and urban systems* 29.4, s. 369–399.
- Herold, M., M. Gardener, B. Hadley i D. Roberts (2002). "The spectral dimension in urban land cover mapping from high resolution optical remote sensing data". W: *Proceedings of the 3rd symposium on remote sensing of urban areas* 6.June, 8 pp.
- Heyman, A. i B. Manum (2015). "Distances, accessibilities and attractiveness: Urban form correlates of willingness to pay for dwellings examined by space syntax based measurements in GIS". W: *10th International Space Syntax Symposium*, s. 1–12.
- House, J. S., R. C. Kessler, A. R. Herzog, R. P. Mero, A. M. Kinney i M. J. Breslow (2013). "Social stratification, age, and health". W: *Aging, health behaviors, and health outcomes*. Psychology Press, s. 13–44.
- Huang, B., B. Wu i M. Barry (2010). "Geographically and temporally weighted regression for modeling spatio-temporal variation in house prices". W: *International Journal of Geographical Information Science* 24.3, s. 383–401.
- Hwang, S. i J.-C. Thill (2009). "Delineating urban housing submarkets with fuzzy clustering". W: *Environment and Planning B: Planning and Design* 36.5, s. 865–882.
- Inspektorat Ochrony Środowiska (n.d.). <http://clc.gios.gov.pl/index.php/clc-informacje-ogolne/definicje-klas>. Accessed: 2018-09-20.
- Institute), E. ( S. R. (2011). *ArcGIS desktop: release 10*.



- Isenburg, M. (2012). "LAStools-efficient tools for LiDAR processing". W: Jacobs, M. (2011). "Psychology of the visual landscape". W: *Research in Urbanism Series* 2.1, s. 41–54.
- Jang, M. i C. D. Kang (2015). "Retail accessibility and proximity effects on housing prices in Seoul, Korea: A retail type and housing submarket approach". W: *Habitat International* 49, s. 516–528.
- Jasiewicz, J., P. Netzel i T. Stepinski (2015). "GeoPAT: A toolbox for pattern-based information retrieval from large geospatial databases". W: *Computers and Geosciences* 80, s. 62–73.
- Jasiewicz, J. i T. F. Stepinski (2013). "Geomorphons-a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms". W: *Geomorphology* 182, s. 147–156.
- Jasiewicz, J., T. Stepinski i J. Niesterowicz (2018). "Multi-scale segmentation algorithm for pattern-based partitioning of large categorical rasters". W: *Computers & Geosciences*.
- Jazdzewska, I. (2011). "Jakość życia w Rzgowie w opinii mieszkańców". W: Jim, C. Y. i W. Y. Chen (2006). "Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou (China)". W: *Landscape and Urban Planning* 78.4, s. 422–434.
- Jun, M. J. (2012). "Redistributive effects of bus rapid transit (BRT) on development patterns and property values in Seoul, Korea". W: *Transport Policy* 19.1, s. 85–92.
- Kaczmarek, T. (2014). "Ekspansja przestrzenna miast wyzwaniem dla zintegrowanego zarządzania". W: *Kształtowanie współczesnej przestrzeni miejskiej*, s. 483–502.
- Kaczmarek, T., W. Bonenberg, M. W. Gacek, R. Jaszcak i A. Mizgajski (2017). *Stan i kierunki rozwoju mieszkalnictwa w Metropolii Poznań*. Poznań: Bugucki Wydawnictwo Naukowe.
- Kahle, D. i H. Wickham (2013). "ggmap: Spatial Visualization with ggplot2". W: *The R Journal* 5.1, s. 144–161. URL: <http://journal.r-project.org/archive/2013-1/kahle-wickham.pdf>.
- Kain, J. F. i J. M. Quigley (1970). "Measuring the value of housing quality". W: *Journal of the American statistical association* 65.330, s. 532–548.
- Kaniecki, A. (2004). *Poznań: dzieje miasta wodą pisane*. T. 36. Wydawn. Poznańskiego Tow. Przyjaciół Nauk.
- Kaplan, D. (2008). *Structural equation modeling: Foundations and extensions*. T. 10. Sage Publications.
- Kaplan, R. i S. Kaplan (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. CUP Archive.
- Kaplan, S. (1987). "Aesthetics, affect, and cognition: Environmental preference from an evolutionary perspective". W: *Environment and behavior* 19.1, s. 3–32.
- Kaplan, S. (1995). "The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework". W: *Journal of environmental psychology* 15.3, s. 169–182.
- Kauko, T., P. Hooimeijer i J. Hakfoort (2002). "Capturing housing market segmentation: An alternative approach based on neural network modelling". W: *Housing Studies* 17.6, s. 875–894.
- Keskin, B. i C. Watkins (2017). "Defining spatial housing submarkets: Exploring the case for expert delineated boundaries". W: *Urban Studies* 54.6, s. 1446–1462.
- Kestens, Y., M. Thériault i F. Des Rosiers (2002). "House prices and environmental quality: combining gis, image analysis and hedonic modelling". W: *6th Annual Integrating gis & cam Conference Proceedings, Reno, nv*.
- Kistowski, M. (1997). "Problem pola podstawowego w ocenie potencjału krajobrazu na obszarach młodoglacjalnych". W: *Problemy ekologii krajobrazu* 1.

- Klause, G., E. Raszeja i P. Szumigała (2016). "Wartość krajobrazu miejskiego – zagrożona, kreowana, utracona i ożywiana. Poznańskie doświadczenia". W: *Przestrzeń i Forma*.
- Kondracki, J. (1969). *Podstawy regionalizacji fizycznogeograficznej*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Kondracki, J. i A. Richling (1983). "Próba uporządkowania terminologii w zakresie geografii fizycznej kompleksowej". W: *Przegląd Geograficzny* 55.1, s. 201–217.
- Kong, F., H. Yin i N. Nakagoshi (2007). "Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China". W: *Landscape and Urban Planning* 79.3-4, s. 240–252.
- Kopczewska, K. (2007). *Ekonometria i statystyka przestrzenna z wykorzystaniem programu R CRAN*. CeDeWu.
- Kosiński, K. (2004). "Znaczenie rozdzielczości spektralnej zdjęć Landsat ETM+ w identyfikacji łąk o różnym uwilgotnieniu i użytkowaniu". W: *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 14.
- Kot, R. (2015). "The point bonitation method for evaluating geodiversity: A guide with examples (Polish Lowland)". W: *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 97.2, s. 375–393.
- Koźma, J. (2017). "Geoturystyczne walory krajobrazu łuku Mużakowa". W: *Górnictwo Odkrywkowe* 58.
- Krawiec, K. i J. Stefanowski (2003). *Uczenie maszynowe i sieci neuronowe*. Wydaw. Politechniki Poznańskiej.
- Krepski, T. (2011). *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Ustka*. Spraw. tech. 1. Rada Miasta Poznania, s. 1–72.
- Kronenberg, J. (2012). "Usługi ekosystemów w miastach". W: *Zrównoważony rozwój – zastosowania* 3, s. 14–28.
- Kuhn, M. i K. Johnson (2013). *Applied predictive modeling*, s. 1–600.
- Law, S. (2017). "Defining Street-based Local Area and measuring its effect on house price using a hedonic price approach: The case study of Metropolitan London". W: *Cities* 60, s. 166–179.
- Lewicka, M. i A. Bańka (2008a). "Psychologia środowiskowa". W: *Psychologia* 2.
- Lewicka, M. i A. Bańka (2008b). "Psychologia środowiskowa". W: *Psychologia* 2.
- Lewiński, S. i Z. Poławski (2002). "Interpretacja form pokrycia terenu i użytkowania ziemi na podstawie zdjęć z satelity IRS-1C". W: *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 12.
- Liaw, A., M. Wiener i in. (2002). "Classification and regression by randomForest". W: *R news* 2.3, s. 18–22.
- Lisowski, A. (2003). *Koncepcje przestrzeni w geografii człowieka*. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW.
- Litwin, U., S. Baciór i I. Piech (2009). "Metodyka waloryzacji i oceny krajobrazu". W: Longley, P. A., M. F. Goodchild, D. J. Maguire i D. W. Rhind (2005). *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons.
- Love, P. E., R. Y. Tse, G. D. Holt i D. G. Proverbs (2002). "Transaction costs, learning, and alliances". W: *Journal of Construction Research* 3.02, s. 193–207.
- Lovell, S. T. i D. M. Johnston (2009). "Designing landscapes for performance based on emerging principles in landscape ecology". W: *Ecology and Society* 14.1.
- Lu, B., M. Charlton, P. Harris i A. S. Fotheringham (2014). "Geographically weighted regression with a non-Euclidean distance metric: a case study using hedonic house price data". W: *International Journal of Geographical Information Science* 28.4, s. 660–681.

- Lutzenhiser, M. i N. R. Netusil (2001). "The effect of open spaces on a home's sale price". W: *Contemporary Economic Policy* 19.3, s. 291–298.
- MacLennan, D., M. Munro i G. Wood (1987). "Housing choices and the structure of housing markets". W: *Scandinavian Housing and Planning Research* 4.sup1, s. 26–52.
- Masik, G. i in. (2010). *Wpływ polityki lokalnej na warunki i jakość życia*. Wydawnictwo Naukowe Scholar Sp. z oo.
- Mason, C. i J. M. Quigley (1996). "Non-parametric hedonic housing prices". W: *Housing studies* 11.3, s. 373–385.
- Matejcek, L. (2009). "Estimating the Environmental Effects on Residential Property Value With Gis". W:
- Matsuoka, R. i R. Kaplan (2008). "People needs in the urban landscape: analysis of landscape and urban planning contributions". W: *Landscape and urban planning* 84.1, s. 7–19.
- McCrea, R., R. Marans, R. Stimson i J. Western (2011). *Subjective Measurement of Quality of Life Using Primary Data Collection and the Analysis of Survey Data*. T. 45, s. 55–75.
- McGarigal, K., S. A. Cushman, M. C. Neel i E. Ene (2012). "FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps". W: *University of Massachusetts, Amherst, MA*. URL <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> 2007.
- McLeod, S. (2007). "Maslow's hierarchy of needs". W: *Simply Psychology* 1.
- Meirich, S. (2008). "Mapping Guide for a European Urban Atlas. GSE Land Information Services". W: 1, s. 1–36.
- Milgram, S. (1970). "The experience of living in cities". W: *Science* 167.3924, s. 1461–1468.
- Miśkiewicz, K. (2009). "Problemy badawcze georóżnorodności w geoturystyce". W: *Geoturystyka* 2.17, s. 37–46.
- Mizgajski, A. (2010). "Świadczenia ekosystemów jako rozwijające się pole badawcze i aplikacyjne". W: *Ekonomia i Środowisko* 1, s. 10–13.
- Morancho, A. B. (2003). "A hedonic valuation of urban green areas". W: *Landscape and urban planning* 66.1, s. 35–41.
- Muller, N. Z. (2009). "Using hedonic property models to value public water bodies: An analysis of specification issues". W: *Water Resources Research* 45.1, s. 1–10.
- Mulley, C., L. Ma, G. Clifton, B. Yen i M. Burke (2016). "Residential property value impacts of proximity to transport infrastructure: An investigation of bus rapid transit and heavy rail networks in Brisbane, Australia". W: *Journal of Transport Geography* 54, s. 41–52.
- Naveh, Z. i A. S. Lieberman (2013). *Landscape ecology: theory and application*. Springer Science & Business Media.
- Neef, E. (1984). "Applied landscape research". W: *Applied Geography and Development* 24, s. 38–58.
- Nelson, J. P. (2004). "Meta-analysis of airport noise and hedonic property values". W: *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)* 38.1, s. 1–27.
- Newman, P. (2006). "The environmental impact of cities". W: *Environment and Urbanization* 18.2, s. 275–295.
- Nilsson, P. (2013). "Price formation in real estate markets". Prac. dokt. Jönköping International Business School.
- Nilsson, P. (2014). "Natural amenities in urban space - A geographically weighted regression approach". W: *Landscape and Urban Planning* 121, s. 45–54.

- Nyka, L. (2012). "Przestrzeń miejska jako krajobraz". W: *Czasopismo techniczne* 1.1, s. 49–59.
- OpenStreetMap contributors (2017). *Planet dump retrieved from <https://planet.osm.org>. <https://www.openstreetmap.org>*.
- OTODOM, R. D. (2016). *Ranking dzielnic otod.* Spraw. tech. Poznań: Otodom.pl.
- Ottensmann, J., S. Payton i J. Man (2008). "Urban Location and Housing Prices within a Hedonic Model". W: *The Journal of Regional Analysis and Policy* 38.1, s. 19–35.
- Páez, A., S. Farber i D. Wheeler (2011). "A simulation-based study of geographically weighted regression as a method for investigating spatially varying relationships". W: *Environment and Planning A* 43.12, s. 2992–3010.
- Palang, H., Ü. Mander i Z. Naveh (2000). *Holistic landscape ecology in action.*
- Palmquist, R. B. (1984). "Estimating the Demand for the Characteristics of Housing". W: *The review of economics and statistics*, s. 394–404.
- Panduro, T. E. i B. J. Thorsen (2014). "Evaluating two model reduction approaches for large scale hedonic models sensitive to omitted variables and multicollinearity". W: *Letters in Spatial and Resource Sciences* 7.2, s. 85–102.
- Panduro, T. E. i K. L. Veie (2013). "Classification and valuation of urban green spaces—A hedonic house price valuation". W: *Landscape and Urban Planning* 120, s. 119–128.
- Parr, A. E. (1966). "Psychological aspects of urbanology". W: *Journal of Social Issues* 22.4, s. 39–45.
- Pietrzyk-Kaszyńska, A., M. Czepkiewicz i J. Kronenberg (2017). "Eliciting non-monetary values of formal and informal urban green spaces using public participation GIS". W: *Landscape and Urban Planning* 160, s. 85–95.
- Pietrzykowski, R. (2011). "Wykorzystanie metod statystycznej analizy przestrzennej w badaniach ekonomicznych". W: *Roczniki ekonomiczne* 4, s. 97–112.
- Plebankiewicz, E., S. Biel i in. (2017). "Analiza preferencji potencjalnych nabywców nieruchomości mieszkaniowych w Krakowie". W: *World of Real Estate Journal (Świat Nieruchomości)* 102, s. 55–60.
- Porta, S., P. Crucitti i V. Latora (2006). "The network analysis of urban streets: A dual approach". W: *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 369.2, s. 853–866. eprint: 0506009 (physics).
- Poudyal, N. C., D. G. Hodges i C. D. Merrett (2009). "A hedonic analysis of the demand for and benefits of urban recreation parks". W: *Land Use Policy* 26.4, s. 975–983.
- Przewoźniak, M. (1987). *Podstawy geografii fizycznej kompleksowej.* Uniwersytet Gdański.
- R Core Team (2013). *R: A Language and Environment for Statistical Computing.* R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Rahmatian, M. i L. Cockerill (2004). "Airport noise and residential housing valuation in southern California: A hedonic pricing approach". W: *International Journal of Environmental Science & Technology* 1.1, s. 17–25.
- Richardson, H. W., P. Gordon, M.-J. Jun, E. Heikkilä, R. Peiser i D. Dale-Johnson (1990). "Residential property values, the CBD, and multiple nodes: further analysis". W: *Environment and Planning A* 22.6, s. 829–833.
- Richling, A. i J. Lechnio (2005). "Koncepcja krajobrazu - operatory i indykatory ewolucji systemów przyrodniczych". W:

- Richling, A. i J. Solon (2002). *Ekologia krajobrazu*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- Rogalewski, O. (1974). "Zagospodarowanie turystyczne." W: *Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne*,
- Roos-Klein Lankhorst, J., S. De Vries i A. Buijs (2011). "Mapping Landscape Attractiveness: A GIS based landscape appreciation". W: *Research in Urbanism Series: Vol. 2. Exploring the visual landscape*, s. 147–161.
- Rosen, S. (1974). "Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition". W: *Journal of political economy* 82.1, s. 34–55.
- Royuela, V. i J. C. Duque (2013). "HouSI: Heuristic for delimitation of housing submarkets and price homogeneous areas". W: *Computers, Environment and Urban Systems* 37.1, s. 59–69.
- Rozporządzenie w sprawie bazy danych obiektów topograficznych... (2011). Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także o standardowych opracowaniach kartograficznych. z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenie w sprawie bazy danych dotyczących zobrazowań lotniczych... (2011). Rozporządzenie MSWiA z dnia 3 listopada 2011 r. w sprawie baz danych dotyczących zobrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu. z późniejszymi zmianami.
- Sadik, N. (1990). "The state of world population 1990: choices for the new century." W:
- Schläpfer, F., F. Waltert, L. Segura i F. Kienast (2015). "Valuation of landscape amenities: A hedonic pricing analysis of housing rents in urban, suburban and periurban Switzerland". W: *Landscape and Urban Planning* 141, s. 24–40.
- Schmithüsen, J., J. Schmithüsen, J. Schmithüsen, J. Schmithüsen i G. Geographer (1964). *Was ist eine Landschaft*. F. Steiner.
- Schnare, A. B. i R. J. Struyk (1976). "Segmentation in urban housing markets". W: *Journal of Urban Economics* 3.2, s. 146–166.
- Senetra, A. (2010). "Wpływ metodyki oceny walorów krajobrazowych na wyniki szacowania nieruchomości". W: *ACTA, Administratio Locorum* 9.2, s. 113–128.
- Sevtsuk, A. i M. Mekonnen (2012). "Urban network analysis". W: *Revue internationale de géomatique*—n 287, s. 305.
- Sevtsuk, A., M. Mekonnen i R. Kalvo (2013). "Urban Network Analysis". W: s. 29.
- Shen, Y. i K. Karimi (2017). "The economic value of streets: mix-scale spatio-functional interaction and housing price patterns". W: *Applied Geography* 79, s. 187–202.
- Sirmans, G. S., L. MacDonald, D. A. Macpherson i E. N. Zietz (2006). "The value of housing characteristics: a meta analysis". W: *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 33.3, s. 215–240.
- Sirmans, S., D. Macpherson i E. Zietz (2005). "The composition of hedonic pricing models". W: *Journal of real estate literature* 13.1, s. 1–44.
- Słodczyk, J. i D. Rajchel (2004). *Przemiany demograficzne i jakość życia ludności miast*.
- Smith, V. K. i J.-C. Huang (1995). "Can markets value air quality? A meta-analysis of hedonic property value models". W: *Journal of political economy* 103.1, s. 209–227.
- Sołncew, N. (1948). "Ośnównyje etapy razwitiija lądszaftowiedienija w naszej stranie". W: *Woprosy Geografii* 9.
- Solon, J. (2002). *Ocena Różnorodności Krajobrazu Na Podstawie Analizy*. 185.
- Solon, J. (2008a). "Koncepcja Ecosystem Services i jej zastosowania w badaniach ekologiczno-krajobrazowych". W: *Problemy Ekologii Krajobrazu* 21.

- Solon, J. (2008b). "Przegląd wybranych podejść do typologii krajobrazu". W: s. 25–34.
- Sołowiej, D. (1992). "Podstawy metodyki oceny środowiska przyrodniczego człowieka [Basic methodology for evaluation of man's natural environment]". W: *Wydaw. UAM, Poznań* [in Polish].
- Steele, F. (1981). *The sense of place*. Cbi Pub Co.
- Strączkowski, Ł. (2009). "Motywy zakupu mieszkań w świetle badań nabywców na lokalnym rynku mieszkaniowym w Poznaniu". W: *Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości* 17.2, s. 45–57.
- Straszheim, M. (1974). "Hedonic estimation of housing market prices: A further comment". W: *The Review of Economics and Statistics*, s. 404–406.
- Strykiewicz T. (2015). *Kurczenie się miast w Europie Środkowo-Wschodniej*.
- Świąder, M. i M. Łukowiak (2016). "Społeczna waloryzacja przestrzeni życiowej na przykładzie miasta Wołów (Polska, województwo dolnośląskie)". W: *Problemy Rozwoju Miast* 3, s. 13–22.
- Szczepańska, M. (2009). "Ekologiczne i krajobrazowe znaczenie dolin rzecznych w organizacji rekreacyjnej funkcji miasta Poznania". PL. W: *Architektura Krajobrazu* nr 3, s. 53–60.
- Szeliga, M. (2017). *Data Science i uczenie maszynowe*. PWN.
- Szymańska, D. i A. Matczak (2002). "Urbanization in Poland: tendencies and transformation". W: *European Urban and Regional Studies* 9.1, s. 39–46.
- Tajima, K. (2003). "New estimates of the demand for urban green space: implications for valuing the environmental benefits of Boston's big dig project". W: *Journal of Urban Affairs* 25.5, s. 641–655.
- Tress, B., G. Tress, A. van der Valk i G. Fry (2003). *Interdisciplinary and transdisciplinary landscape studies: potential and limitations*. Delta Program Wageningen.
- Troll, C. (1950). "Die geographische Landschaft und ihre Erforschung". W: *Studium generale*. Springer, s. 163–181.
- Tse, R. Y. (2002). "Estimating neighbourhood effects in house prices: Towards a new hedonic model approach". W: *Urban Studies* 39.7, s. 1165–1180.
- Urząd Miasta Poznań (2017). URL: <http://www.poznan.pl/mim/api/api-dane-przestrzenne,p,25877,38305.html> (term. wiz. 02.05.2017).
- Ustawa o zmianie ustawy o ochronie przyrody oraz ustawy o lasach ... (2016). *Ustawa z dnia 16 grudnia 2016 r. o zmianie ustawy o ochronie przyrody oraz ustawy o lasach*.
- Uuemaa, E., Ü. Mander i R. Marja (2013). "Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: A review". W: *Ecological Indicators* 28.May, s. 100–106.
- Vera, Y. i N. Fabian (2016). "Crime prevention through environmental design". W: Wachter, S. M. i K. C. Gillen (2006). "Public investment strategies: How they matter for neighborhoods in Philadelphia". W: *unpublished report of the Wharton School of the University of Pennsylvania*.
- Wang, L. i R. C. Ready (2005). "Spatial Econometric Approaches to Estimating Hedonic Property Value Models". W: *The American Agricultural Economics Association Annual Meeting*.
- Wang, Y., L. Zhao, L. Sobkowiak, X. Guan i S. Wang (2015). "Impact of urban landscape and environmental externalities on spatial differentiation of housing prices in Yangzhou City". W: *Journal of Geographical Sciences* 25.9, s. 1122–1136.
- Wańkowicz, W. (2010). "Planowanie Przestrzeni O Wysokich Walorach Krajobrazowych, Problemy Ekonomiczne". W: *Komisja Krajobrazu Kulturowego PTG* 14, s. 352–359.

- Werner, P. (1992). *Wprowadzenie do geograficznych systemów informacyjnych*. Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych.
- Wheeler, D. C. (2014). "Geographically weighted regression". W: *Handbook of regional science*. Springer, s. 1435–1459.
- Whittaker, R. H. (1967). "Gradient analysis of vegetation". W: *Biological reviews* 42.2, s. 207–264.
- Wieber, J.-C. (1987). "Le paysage. Questions pour un bilan (The landscape. Questions for a balance)". W: *Bulletin de l'Association de géographes français* 64.2, s. 145–155.
- World Data Bank (2017). URL: <https://data.worldbank.org> (term. wiz. 07.07.2018).
- Wu, S., L. J. Mickley, J. O. Kaplan i D. J. Jacob (2012). "Impacts of changes in land use and land cover on atmospheric chemistry and air quality over the 21st century". W: *Atmospheric Chemistry and Physics* 12.3, s. 1597–1609.
- Xiao, Y. (2012). "Urban morphology and housing market". Prac. dokt. Cardiff University.
- Xiao, Y. (2017). *Urban Morphology and Housing Market*.
- Yamagata, Y., D. Murakami, T. Yoshida, H. Seya i S. Kuroda (2016). "Value of urban views in a bay city: Hedonic analysis with the spatial multilevel additive regression (SMAR) model". W: *Landscape and Urban Planning* 151, s. 89–102.
- Yoo, S., J. Im i J. E. Wagner (2012). "Variable selection for hedonic model using machine learning approaches: A case study in Onondaga County, NY". W: *Landscape and Urban Planning* 107.3, s. 293–306.
- Zonneveld, I. S. (1990). "Scope and concepts of landscape ecology as an emerging science". W: *Changing landscapes: an ecological perspective*. Springer, s. 3–20.
- Zwoliński, Z. (2004). "Geodiversity". W: *Encyclopedia of geomorphology* 1, s. 417–418.
- Zydroń, A. i R. Walkowiak (2013). "Analiza atrybutów wpływających na wartość nieruchomości niezabudowanych przeznaczonych na cele budowlane w gminie Mosina". W: *Rocznik Ochrona Środowiska* 15.1, s. 2911–2924.





## **Załącznik A**

# **Lista zmiennych niezależnych użytych w procedurze modelowania**

TABELA A.1: Wszystkie zmienne

Np.	Kategoria	Kod	Treść	Spodziewany efekt na atrakcyjność obszaru miejsca zamieszkania
1	Dostępność <sup>1</sup>	ARENA	Lokalizacja hali widowiskowo - sportowej „Arena”.	Stanowi ona pozytywną dominantę krajobrazowej ze względu na swój unikatowy kształt oraz centrum kultury i rozrywki. Ponadto Arena otoczona jest parkiem Kasprowicza, który jest jednym z większych w okolicy obszarów zieleni miejskiej. Ze względu na charakter Areny spodziewany jest znaczny wzrost atrakcyjności przestrzeni mieszkalnej w jej okolicy.
2		AUTOSTRADA	Lokalizacja autostrady A2 na południu miasta.	Jako istotny z punktu widzenia transportu szlak komunikacyjny może posiadać negatywny wpływ na najbliższe otoczenie ze względu na generowany hałas, zanieczyszczenia powietrza oraz negatywne walory estetyczne. Jednocześnie autostrada ułatwia poruszanie się, a więc poprawia szeroko rozumianą dostępność do innych obiektów, co może powodować wzrost cen nieruchomości na średnim dystansie.

<sup>1</sup>Dostępność do obiektów mierzona odległością euklidesową („euclid”), czasem dojścia pieszo („walk”), czasem dojazdu transportem publicznym („ztm”) lub samochodem („auto”). W przypadku logarytmizacji zmiennej na końcu kodu dodawany jest przyrostek „\_log”

BIBLIOTEKI _MUZEA	Lokalizacje budynków pełniących według Bazy Danych Obiektów Topograficznych funkcje muzeów i bibliotek. W tej grupie obiektów znajdują się również: archiwa, centra informacyjne oraz galerie sztuki.	W większości przypadków muzea i biblioteki znajdują się w miejscach spokojnych i krajobrazowo estetycznych; w miejscach o dobrej dostępności komunikacyjnej - przeważnie w centrum miasta. Z tych powodów spodziewany jest pozytywny efekt tych obiekt na atrakcyjność miejsca zamieszkania.
BUD _PRZEM	Lokalizacje budynków pełniących według Bazy Danych Obiektów Topograficznych funkcje budynków przemysłowych. W tej kategorii znajdują się: elektrociepłownie, elektrownie, kotłownie, młyny, budynki produkcyjne, rafinerie, spalarnie śmieci, warsztaty remontowo-naprawcze oraz wiatrak.	Budynki przemysłowe są często źródłem zanieczyszczeń oraz hałasu. Ze względu na swój stricte użytkowy charakter nie posiadają zazwyczaj wysokich walorów estetycznych. Z tych powodów spodziewany jest negatywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Jednakże miejsca te stanowią również znaczną koncentrację miejsc pracy, co może wpływać (zwłaszcza na średnich odległościach) na wybór miejsca zamieszkania.

CENTRA _HANDLOWE	Lokalizacje budynków pełniących funkcje centrów handlowych wg Bazy Danych Obiektów Topograficznych.	Centra handlowe (w znacznej większości) nie stanowią estetycznych dominant krajobrazowych, jednak większość mieszkańców miast często korzysta z nich w celu zrobienia zakupów. Z tego względu spodziewany wpływ centrów handlowych jest negatywny w najbliższym sąsiedztwie, jednak na przeciętnych odległościach powinien poprawiać atrakcyjność miejsca zamieszkania.
city_center	Centrum miasta zostało zlokalizowane w pobliżu placu Wolności w miejscu o współrzędnych geograficznych: E16°55'47" , N52°25'29" .	Większość badań związanych z modelowaniem hedonicznym cen nieruchomości zgadza się, że wraz ze wzrostem odległości od centrum ceny m <sup>2</sup> nieruchomości maleją. Związane jest to z dostępnością do usług skoncentrowanych w centrum (np. obiektów kultury, muzeów, itp.), jak również ogólnie gorszej dostępności do innych części miasta. W przypadku Poznania należy jednak wziąć pod uwagę silną korelację między odległością od centrum, a odległością od lasów znajdujących się na obrzeżu miasta, które mogą wzajemnie się niwelować, a efekt interpretowany powinien być jako sumaryczny wpływ obu zmiennych.

<p>CMENTARZE</p>	<p>Lokalizacja obiektów z warstwy BUCM_A zawierających cmentarze.</p>	<p>Cmentarze należą do obszarów, których efekt na atrakcyjność krajobrazu trudno przewidzieć. Z jednej strony dla wielu stanowią negatywną dominantę wiążącą się ze smutkiem, przygnębieniem oraz śmiercią, z drugiej jednak, posiadając większy od średniej udział drzew pełnią częściowo funkcję parków stanowiąc enklawę ciszy, łagodząc mikroklimat i oczyszczając powietrze. Lokalnie spodziewany jest negatywny efekt cmentarzy na atrakcyjność, zaś na średnich odległościach - pozytywny.</p>
<p>CYTADELA</p>	<p>Lokalizacja parku utworzonego w miejscu dawnego fortu Winiary.</p>	<p>Cytadela stanowi największy (o powierzchni ok. 100ha) park miejski Poznania. W jego obrębie często realizowane są festyny oraz wydarzenia kulturalno-religijne (np. misterium paschalne). Zgodnie z teoretycznymi badaniami nad modelowaniem hedonicznym park cytadela powinien wpływać pozytywnie na atrakcyjność miejsca zamieszkania.</p>

DROGI _GLOWNE	Lokalizacja dróg krajowych, wojewódzkich lub powiatowych (wg Bazy Danych Obiektów Topograficznych).	Drogi główne stanowią źródło hałasu oraz zanieczyszczeń, w związku z czym w najbliższym sąsiedztwie spodziewany jest negatywny efekt na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Jednocześnie, podobnie jak w przypadku autostrad, stanowią główne arterie sieci transportowej poprawiając dostępność miejsca zamieszkania, w związku z czym na średnich odległościach ich wpływ może być pozytywny.
DROGI _UTWAR- _DZONE	Stanowią zbiór dróg zawarty w Bazie Danych Obiektów Topograficznych o nawierzchni utwardzonej (innej niż gruntowa lub żwirowa).	Zbiór ten związany jest silnie z drogami głównymi, jednak zawiera w sobie dodatkowo drogi gminne i lokalne o nawierzchni utwardzonej. Obecność drogi utwardzonej przed domem stanowi o łatwiejszej dostępności miejsca zamieszkania samochodem wpływając pozytywnie na atrakcyjność miejsca zamieszkania.
JEZIORA _5ha	Jeziora i zbiorniki wodne o powierzchni większej lub równej 5ha. Do tych zbiorników w obrębie Poznania zaliczają się: jezioro Kierskie, Rusałka, Maltańskie, Strzeszyńskie, stawy w okolicy Nowego Zoo oraz w okolicy parku Szachty.	Duże zbiorniki wodne łagodzą klimat oraz stanowią miejsca aktywnego wypoczynku. Ich obecność powiązana jest z estetycznym krajobrazem. W związku z powyższym spodziewany wpływ jezior na atrakcyjność miejsca zamieszkania jest dodatni.

JEZIORA _less_5ha	Zbiorniki wodne o powierzchni mniejszej niż 5 ha.	Mniejsze zbiorniki wodne stanowią mniej atrakcyjne miejsca od dużych jezior, czy stawów. W większości nie posiadają również rozbudowanej infrastruktury umożliwiającej aktywny wypoczynek. Ich obecność może być źródłem licznych owadów (np. komarów) będących szczególnie uciążliwych latem. Jednakże duża liczba owadów może również być związana z licznym ptactwem oraz bujną roślinnością co może oddziaływać pozytywnie na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Z tych względów trudno jest oszacować spodziewany efekt małych zbiorników wodnych, który może znacznie różnić się w obrębie miasta (w jednej dzielnicy posiadać pozytywny wpływ, podczas gdy w drugiej - negatywny).
----------------------	---	---

KATEDRA	Lokalizacja kościoła katedralnego na Ostrowie Tumskim.	Katedra jest największym kościołem w Poznaniu o wyjątkowej lokalizacji na Ostrowie Tumskim. Jest jednym z najczęściej polecanych turystom miejsc do zobaczenia. Stanowi pozytywną dominantę krajobrazową ułatwiającą zlokalizowanie się w mieście. Z tych względów jej wpływ na atrakcyjność powinien być pozytywny, choć należy również mieć na uwadze związane z bliskim sąsiedztwem natężenie ruchu turystycznego oraz wynikający z niego hałas.
KINA	Lokalizacja budynków kin (na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych).	Wielu Poznaniaków uczęszcza do kin, w związku z czym prawdopodobny jest pozytywny ich wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Jednocześnie brak jest w literaturze światowej analiz wiążących ich obecność ze zmianami cen nieruchomości, co może być związane z małą istotnością ich lokalizacji z atrakcyjnością miejsca zamieszkania.



15	KOMINY	Lokalizacja kominów przemysłowych na podstawie warstw BUWT_P (wysoka budowla techniczna) z Bazy Danych Obiektów Topograficznych.	Kominy stanowią jednocześnie negatywne dominanty widokowe oraz miejsca potencjalnych zanieczyszczeń powietrza. Z tych względów spodziewany jest negatywny wpływ ich obecności na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Jednocześnie mogą być one wyznacznikiem miejsc pracy, których bliskość wpływa pozytywnie na atrakcyjność miejsca zamieszkania.
16	KOSCIOLY	Lokalizacje kościołów na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych.	Trudno przewidzieć wpływ kościołów na atrakcyjność miejsca zamieszkania. W świadomości mieszkańców mogą wiązać się z miejscami o niższej przestępczości, większym spokojem i poczuciu bezpieczeństwa. Z drugiej strony dzwony bijące rano, w południe i wieczorem mogą stanowić jednak uciążliwy hałas.
17	KOSZARY	Lokalizacja koszar wojskowych na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych.	Koszary stanowią miejsca koncentracji wojska co może poprawiać poczucie bezpieczeństwa. Ich lokalizacja, choć prawdopodobnie lokalnie, powinna mieć pozytywny wpływ na atrakcyjność.
18	KRZESINY	Lokalizacja lotniska w Krzesinach.	Lotnisko w Krzesinach pełni funkcję wojskową, w związku z czym startują z niego samoloty wojskowe (m.in. F16). Posiada ono najprawdopodobniej negatywny wpływ na ceny mieszkań ze względu na znaczny hałas.

KUL- TURA_FIZYCZNA	Lokalizacja budynków z Bazy Danych Obiektów Topograficznych, których główna funkcja jest sportowa). Należą do nich: hale sportowe, halowe tory gokartowe, kluby sportowe, korty tenisowe, kregielnie, pływalnie, sale gimnastyczne, strzelnice, sztuczne lodowiska oraz ujeżdżalnie.	Obiekty te zwiększają możliwości aktywnego spędzania czasu w sąsiedztwie, co może wpłynąć pozytywnie na atrakcyjność miejsca zamieszkania.
KULTURA	Wszystkie budynki z Bazy Danych Obiektów Topograficznych pełniące funkcję „ogólnodostępnych obiektów kulturalnych”: budynek ogrodu zoologicznego lub botanicznego, dom kultury, filharmonia, hala widowiskowa, kasyno, kino, klub / dyskoteka, opera, schronisko dla zwierząt, teatr.	Dostęp do obiektów kulturalnych zwiększa potencjalną możliwość aktywnego spędzania czasu, w związku z czym ich bliska obecność powinna poprawiać atrakcyjność miejsca zamieszkania.

LAS	Obszary z warstwy PTLZ_A (Pokrycie terenu - teren leśny lub zadrzewiony) zaklasyfikowane jako las.	Lasy stanowią miejsca aktywnego wypoczynku, poprawiają jakość powietrza oraz stanowią przyjemny widokowo element krajobrazu. Z tego względu posiadać powinny pozytywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Wpływ ten może być trudny do oszacowania w Poznaniu ze względu na silną odwrotną korelację z odległością od centrum miasta.
LAWICA	Lokalizacja lotniska Ławica.	Lotnisko Ławica stanowi cywilny odpowiednik lotniska w Krzesinach. Stanowi źródło hałasu, które może obniżyć lokalną atrakcyjność miejsca zamieszkania, choć na średnim dystansie może podnosić wartość nieruchomości szczególnie dla osób często korzystających z lotniska jako miejsca transportu lub chcących wynajmować pokoje turystom. Ponieważ jednak osób spełniających te kryteria jest, w ogólnej populacji osób kupujących mieszkania, stosunkowo niewiele spodziewany efekt lotniska na atrakcyjność jest negatywny.

23	LINIE_KOLEJOWE	Lokalizacja użytkowanych linii kolejowych.	Linie kolejowe związane są z hałasem, zanieczyszczeniem powietrza oraz negatywnymi dominantami wizualnymi. Ponadto stanowią trudne do przekroczenia przeszkody obniżając dostępność lokalizacji. Ich wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania powinien być w związku z tym negatywny.
24	LINIE_TRAMWAJOWE	Lokalizacja linii tramwajowych.	Torowiska tramwajowe, podobnie jak torowiska kolejowe, stanowią źródła hałasu. Jednakże w odróżnieniu do linii kolejowych w mieście ich obecność stanowi zaletę - w odróżnieniu od autobusów tramwaje charakteryzują się wyższą punktualnością i niezawodnością poprawiając tym samym dostępność miejsca zamieszkania. Spodziewany wpływ linii tramwajowych na atrakcyjność jest więc pozytywny.
25	OCZYSZCZ_SCIEKOW	Lokalizacja oczyszczalni ścieków (uzyskana na podstawie Bazy Danych Obiektów topograficznych).	Oczyszczalnie ścieków stanowią negatywne dominanty estetyczne oraz kojarzą się z brzydkimi zapachami. Z tych względów spodziewany wpływ na lokalną atrakcyjność krajobrazu jest negatywny.

OGROD_ZOO-LOGICZNY	Lokalizacje dwóch ogrodów zoologicznych w Poznaniu: Starego oraz nowego ZOO.	Mimo, że obiekty te zostały już wcześniej wykorzystane w warstwie „KULTURA”, zostały wydzielone w tym miejscu ze względu na ich szczególny charakter. Obiekty w warstwie kultura związane są przede wszystkim z aktywnym spędzaniem czasu, natomiast ogrody zoologiczne łączy w sobie ponadto element środowiskowy - duży udział drzew wpływający na mikroklimat, jakość powietrza oraz walory estetyczne. Wprowadzenie osobnej zmiennej w postaci ogrodów zoologicznych wynika z możliwości silniejszego pozytywnego ich wpływu na atrakcyjność miejsca zamieszkania wynikającego z odmiennych charakterystyk niż wynikających z holistycznego patrzenia na obiekty kulturowe.
PARK	Lokalizacja obiektów zadrzewionych z warstwy PTLZ_A sklasyfikowanych jako „park”.	Parki, podobnie jak lasy, pełnią funkcje poprawy estetycznej krajobrazu, miejsc aktywnego wypoczynku oraz poprawy jakości powietrza. Ich wpływ na atrakcyjność szacowany jest jako pozytywny.

POLICJA	Lokalizacje budynków posterunków policji.	Lokalizacje posterunków policji, podobnie jak lokalizacja koszar wojskowych, może wpływać na poczucie bezpieczeństwa mieszkańców podnosząc lokalnie atrakcyjność miejsca zamieszkania.
PRZEDSZKOLA	Lokalizacje placówek przedszkoli łącznie z punktami przedszkolnymi przy szkołach lub budynkach pełniących inne główne funkcje.	Lokalizacja przedszkoli stanowi ważne miejsca dla młodych rodziców, którzy stanowią jedną z głównych grup kupujących mieszkania. Bliskie sąsiedztwo przedszkoli (szczególnie w przypadku osób mieszkających na obrzeżach miast) pozwala zaoszczędzić czas związany z dojazdami do pracy, gdy oboje rodzice pracują. Z tego powodu bliskie sąsiedztwo przedszkoli powinno wpływać pozytywnie na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Sytuacja ta jednak nie jest jednoznaczna. W obecnych czasach dostępność do przedszkoli uwarunkowane jest szeregiem innych czynników niż tylko odległością, przez co rodzice mogą zabierać swoje pociechy do obiektów nie wynikających z rejonizacji.

PRZYSTANEK _KOLEJOWY	Lokalizacja dworców kolejowych.	Obecność dworców kolejowych poprawia w znaczący sposób dostępność komunikacyjną osiedli znajdujących się z dala od centrum. W przeciwnieństwie do torów kolejowych dworce otwierają możliwości transportowe zamiast je ograniczać powinny więc posiadać pozytywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Jednocześnie bliskie sąsiedztwo dworca związane jest z podobnymi wadami jak sąsiedztwo torów kolejowych - hałas, gorsza estetyka widoku oraz zanieczyszczenia. Badania opisane przez Debrezion i in. (2007) wykazują negatywny lokalny wpływ stacji przy jednocześnie pozytywnym wpływie ogólnym.
RESTAURACJE	Lokalizacja budynków z Bazy Danych Obiektów Topograficznych pełniących funkcje restauracji.	Podobnie jak w przypadku obiektów kultury bliski dostęp do restauracji zwiększa możliwości aktywnego spędzania czasu. Ponadto większy sukces na utrzymanie restauracji jest w miejscach cieszących się dużym ruchem pieszych, a co za tym idzie będących atrakcyjnym dla mieszkańców Poznania. Z powyższego założenia wynika, że bliskość restauracji powinna poprawiać atrakcyjność miejsca zamieszkania.

RONDA	Lokalizacja trzech rond komunikacyjnych na wschodnim brzegu Warty (Śródką, Rataje oraz Starołęka).	Lokalizacje tych rond zostały wprowadzone w celu weryfikacji, czy ich obecność jako charakterystycznych punktów w tym obszarze oraz miejsc o dużej koncentracji linii autobusowych oraz tramwajowych posiada wpływ na wybór miejsca zamieszkania. Z jednej strony wymienione argumenty powinny sprawić iż wybrane ronda będą pozytywnie wpływać na ceny nieruchomości, z drugiej jednak jako miejsca dużego natężenia ruchu i hałasu mogą lokalnie wpływać negatywnie.
-------	--	--



RYNEK	Lokalizacja Starego Rynku w centrum miasta.	Większość badań dotyczących modelowania hedonicznego jest zgodna, że wraz ze wzrostem odległości od centrum maleją ceny nieruchomości. Lokalizacja Starego Rynku jest bardzo blisko lokalizacji centrum miasta, przez co niekiedy może być trudno odróżnić ich wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Stary Rynek lokalnie może być miejscem uciążliwym (szczególnie dla osób starszych) ze względu na nocne życie, aktywność klubów i pubów, a co za tym idzie hałas i duże natężenie ruchu. Jednocześnie miejsce to cieszy się prestiżem zwłaszcza wśród młodych osób. Wpływ Starego Rynku na atrakcyjność miejsca zamieszkania jest trudny do jednoznacznej oceny ze względu na złożone charakterystyki tej przestrzeni.
RZEKI	Obiekty z warstwy powierzchniowej rzek (PTWP_A) uwzględniające przede wszystkim rzekę Wartę.	Rzeki poprawiają estetykę krajobrazu oraz stanowią miejsce aktywnego wypoczynku. Z tego też względu, jak wynika z większości przeprowadzonych badań (Matejcek, 2009) posiadają one pozytywny wpływ na ceny nieruchomości.

35	STADION	Lokalizacja miejskiego stadionu piłkarskiego „INEA”.	Stadion został oddany do użytku w roku 2010. Stanowi charakterystyczną, trudną do oceny pod względem estetycznym dominantę krajobrazową. W czasie rozgrywek piłkarskich jest źródłem silnego hałasu, który może sprawić, że w bliskim sąsiedztwie wpływa na pogorszenie atrakcyjności miejsca zamieszkania.
36	STRAZ _POZARNA	Lokalizacja placówek straży pożarnej.	Bliskie sąsiedztwo straży pożarnej, podobnie jak w przypadku koszar i posterunków policji, może pozytywnie wpływać na poczucie bezpieczeństwa mieszkańców, tym samym poprawiając atrakcyjność miejsca zamieszkania.

SZKOLA_POD-STAWOWA	Lokalizacja placówek szkół podstawowych.	<p>Podobnie jak wcześniej w przypadku przedszkoli bliskie sąsiedztwo szkół podstawowych powinno posiadać pozytywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Obecnie w przeciwnieństwie do szkół ponadpodstawowych i przedszkoli w Poznaniu istnieje rejonizacja szkół podstawowych, co oznacza, że dziecko ma przypisaną szkołę, do której powinno uczęszczać. Gęsta sieć placówek może sprawić, że w obszarze zabudowanym czas dotarcia pieszo do szkoły nie zajmuje więcej niż 10-15 minut, co może sugerować, że odległości te nie będą stanowić istotnej statystycznie determinanty atrakcyjności przestrzeni miejskiej.</p>
SZKOLA_PONADPOD-STAWOWA	Lokalizacja placówek szkół ponadpodstawowych.	<p>W odróżnieniu od szkół podstawowych technika i licea nie posiadają rejonizacji, a więc uczniowie mogą dojeżdżać z różnych rejonów miasta aby dotrzeć do swojej szkoły. Jednakże bliskość szkół dowolnego rodzaju może łączyć się z poczuciem bezpieczeństwa danego miejsca gdyż stanowią one obiekty użyteczności publicznej pilnowane przez nauczycieli, jak również ze względu na niebezpieczeństwa osób nieletnich mogą być celem częstszych patroli policji.</p>

SZPITALE	Lokalizacje szpitali.	Łatwy dostęp do szpitali stanowi inne źródło poczucia bezpieczeństwa - tym razem związanego ze zdrowiem. Spodziewany jest pozytywny efekt lokalizacji w pobliżu szpitali na atrakcyjność miejsca zamieszkania.
TARGI	Lokalizacja Międzynarodowych Targów Poznańskich.	Międzynarodowe Targi Poznańskie stanowią miejsce częstych wydarzeń, które nie tylko przyciągają handlowców z całego kraju, ale również mieszkańców chętnych wziąć udział w wydarzeniach kulturalnych. Jako silny atraktor generuje duże natężenie ruchu i hałas, co może powodować lokalnie negatywny wpływ na atrakcyjność miejsca zamieszkania, jednak na średnich odległościach wpływ ten może być pozytywny.
WEZEL_KO-MUNIKACYJNY	Lokalizacja mostu teatralnego.	Podobnie jak w przypadku rond, Most Teatralny został uwzględniony w analizie jako jedno z ważniejszych miejsc sieci transportowej miasta. W jego obrębie (w promieniu 500 m) można skorzystać z ponad 40 różnych linii tramwajowych i autobusowych. Jest to jedno z lepiej skomunikowanych miejsc w mieście co może pozytywnie wpływać na jego atrakcyjność.

TERMY	Lokalizacja Term Maltańskich.	<p>Termy Maltańskie zostały uruchomione w roku 2011. Na atrakcyjność miejsca zamieszkania mógł wpływać fakt ich budowy, jak również już funkcjonująca infrastruktura. Stanowią one miejsce aktywnego wypoczynku, a umiejscowienie z dala od zabudowy mieszkalnej nie powinno obniżać atrakcyjności poprzez hałas oraz zwiększone natężenie ruchu. Jednocześnie ponieważ część analizowanych transakcji nastąpiła przed 2011 rokiem wpływ term na atrakcyjność może być trudny do oszacowania.</p>
TOR_SAMO-CHODOWY	Lokalizacja toru samochodowego w okolicach lotniska Ławica.	<p>Tor samochodowy, podobnie jak lotnisko, jest źródłem hałasu negatywnie wpływającego na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Ze względu na bliskie sąsiedztwo z lotniskiem jego wpływ może być trudny do oszacowania.</p>

UCZELNIE	Lokalizacje budynków uczelnianych.	<p>Uczelnie wyższe, podobnie jak pozostałe, wcześniej wspomniane miejsca związane z edukacją mogą wpływać na postrzeganie atrakcyjności danego obszaru. Trudno jednak ocenić na ile wpływ ten może posiadać pozytywne bądź negatywne skutki.</p> <p>Znaczna część budynków Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza znajduje się na Morasku, w obszarze otoczonym lasem oraz stawami nad Różanym Potokiem. Jednocześnie część budynków akademickich wciąż znajduje się w centrum miasta (np. budynki Uniwersytetu Medycznego), lub nad Wartą (Uniwersytetu Technicznego - dawnej Politechniki Poznańskiej).</p>
----------	------------------------------------	---

WEZŁY _AUTOSTRADA	Lokalizacja węzłów autostrady A2.	<p>Podobnie jak w przypadku torów kolejowych i dworców, z autostrady można skorzystać dojeżdżając do jej węzłów. Z tego też powodu zostały one uwzględnione jako elementy wpływające na atrakcyjność przestrzeni miejskiej. W porównaniu do samych autostrad węzły mogą posiadać bardziej pozytywny (lub mniej negatywny) wpływ na atrakcyjność ze względu na poprawianie dostępności komunikacyjnej przy utrzymaniu podobnego poziomu hałasu i natężenia ruchu.</p>
WIEZIENIE	Lokalizacja więzienia.	<p>Podobnie jak cmentarze, więzienia powodują negatywne skojarzenia. Są one miejscem odosobnienia osób stanowiących zagrożenie dla bezpieczeństwa publicznego tym samym w naturalny sposób kojarzą się z miejscem niebezpiecznym. Ponieważ więzienia nie były dotychczas powszechnie brane pod uwagę jako czynniki kształtujące ceny nieruchomości ich wpływ na atrakcyjność przestrzeni prawdopodobnie może być niewielki i negatywny.</p>

47	ZABYTKI	Lokalizacja budynków posiadających status zabytku w Bazie Danych Obiektów Topograficznych.	Zabytki znajdują się w większości w centrum miasta. Przyciągają turystów generując większe natężenie ruchu oraz hałas. Jednocześnie podnoszą walory estetyczne krajobrazu. Ich wpływ na atrakcyjność prawdopodobnie może być dodatni, jednak trudny do oszacowania ze względu na szereg innych czynników posiadających koncentrację w śródmieściu jak również silną pozytywną korelację z samą odległością od centrum miasta.
48	ZAJEZDNI _TRAM	Lokalizacja zajezdni tramwajowych.	Zajezdnie tramwajowe mogą wpływać negatywnie na najbliższą przestrzeń przez wzmógłony hałas, jednocześnie posiadając pozytywny wpływ na dostępność komunikacyjną.
49	diffuseInsolation	Dostępność rozproszonego światła słonecznego.	Wzrost miary powoduje wzrost atrakcyjności.
50	BEZPOSRED _USLONECZ- NIENIE	Dostępność bezpośredniego światła słonecznego.	Wzrost miary powoduje wzrost atrakcyjności.
51	EKSPOZYCJA _TERENU	Kierunek ekspozycji terenu.	Ekspozycja w kierunku wschodnim i zachodnim może podnosić atrakcyjność miejsca zamieszkania ze względu na większą dostępność światła słonecznego.



52	NACHYL _TERENU	Stopień nachylenia terenu.	Wysoki stopień nachylenia terenu może pozytywnie wpływać na atrakcyjność obszaru zabudowy mieszkalnej zwiększając potencjalnie widok z okien i będąc wskaźnikiem urozmaiconego terenu.
53	budynki10res	Udział budynków w najbliższym sąsiedztwie.	Gęstość zabudowy może negatywnie wpływać na atrakcyjność miejsca zamieszkania.
54	SRED _WYSOKOSC _BUDYNKU	Średnia wysokość budynków.	Trudno przewidzieć wpływ wysokości na atrakcyjność miejsca zamieszkania. Z jednej strony wysokie budynki mogą tworzyć korytarze miejskie przytłaczające swoją formą i utrudniająca dostęp światła słonecznego, z drugiej zaś wysokie budynki w Poznaniu często znajdują się na osiedlach blokowych wybudowanych w latach 1970-1990 i charakteryzują się dużym odstępem między budynkami.
55	LICZBA_FORM _TERENU	Zróżnicowanie form ukształtowania terenu.	Większa liczba form ukształtowania terenu kształtuje bardziej interesującą przestrzeń tym samym zwiększając atrakcyjność.

<sup>2</sup>Sąsiedztwo mierzone jest w 4 promieniach: 50, 100, 250 i 500m (patrz. rozdział 5)

56	SRED_ODLEG_BUD	Średnia odległość między budynkami.	Prawdopodobny negatywny wpływ bliskiej odległości między budynkami wynika z efektu przytłoczenia i ograniczonego widoku, a także bliskiego sąsiedztwa okien budynków z naprzeciwka, powodującego niechcianą ingerencję w sferę prywatną mieszkańców.
57	GESTOSC_DRZEW	Udział drzew w najbliższym sąsiedztwie.	Gęstość drzew może świadczyć o bardziej estetycznej okolicy oraz lepszej jakości środowiska. Może ona jednak być pośrednim wskaźnikiem wieku zabudowy, gdyż młoda zabudowa charakteryzuje się niższym udziałem drzew w okolicy.
58	USU	Jednostki jednolitego krajobrazu określone na podstawie algorytmu geoPAT (Jasiewicz i in., 2015). Szczegółowa lista klas znajduje się na stronie 54.	Nowe osiedla powinny charakteryzować się wyższymi cenami m <sup>2</sup> nieruchomości, choć nie musi się to przekładać na wyższy poziom atrakcyjności krajobrazu lecz wynikać z wieku zabudowy i stanu nieruchomości.
59	SHDI	Wskaźnik różnicowania krajobrazu Shannona (Rozdział 3).	Wzrost różnicowania (wartości wskaźnika) powoduje wzrost atrakcyjności.
60	LICZBA.IZB	Liczba izb.	Większa liczba izb może zwiększać wartość nieruchomości.
61	POWIERZCHNIA	Powierzchnia użytkowa mieszkania.	Wzrost powierzchni powinien wpłynąć na niższą wartość m <sup>2</sup> nieruchomości

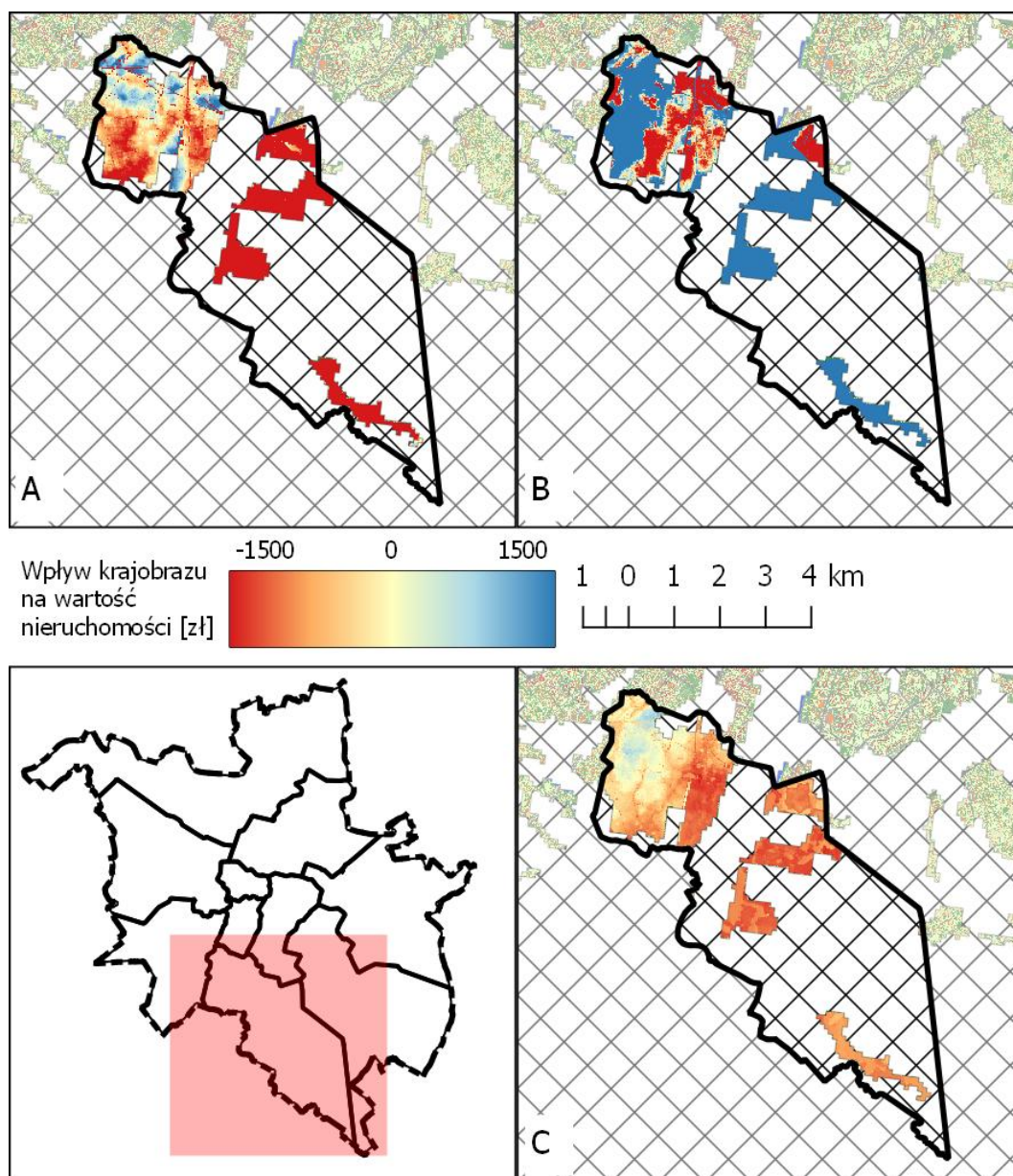
Cechy nieruchomości

62	KONDYGNACJA-CJA	Kondygnacja, na której znajduje się nieruchomość.	Mieszkań na wyższych kondygnacjach jest mniej niż tych na niższych, co może wpływać na wyższe ceny nieruchomości wyższych kondygnacji (zgodnie z prawem popytu i podaży). Jednocześnie wyższe kondygnacje zapewniają również lepszy widok z okna na większy obszar miasta.
63	dost_przyst	Liczba dostępnych w promieniu 500 m linii autobusowych i tramwajowych.	Wzrost dostępnych linii transportu publicznego zwiększa ogólną dostępność danego miejsca poprawiając tym samym jego atrakcyjność.
64	POSREDNIOSC	Miara pośredniej dostępności - usytuowanie pomiędzy innymi obiektami (Rozdział 3).	Wzrost miary powoduje wzrost atrakcyjności.
65	BLISKOSC	Miara pośredniej dostępności - bliskość (Rozdział 3).	Wzrost miary powoduje wzrost atrakcyjności.
66	PRZYCIAGANIE	Miara pośredniej dostępności - przyciąganie (Rozdział 3).	Wzrost miary powoduje wzrost atrakcyjności.
67	OSIAGALNOSC	Miara pośredniej dostępności - osiągalność (Rozdział 3).	Wzrost miary powoduje wzrost atrakcyjności.
68	PROSTOSC	Miara pośredniej dostępności - prostoliniowość drogi (Rozdział 3).	Wzrost miary powoduje spadek atrakcyjności ze względu na mniej zróżnicowany obszar zabudowy.

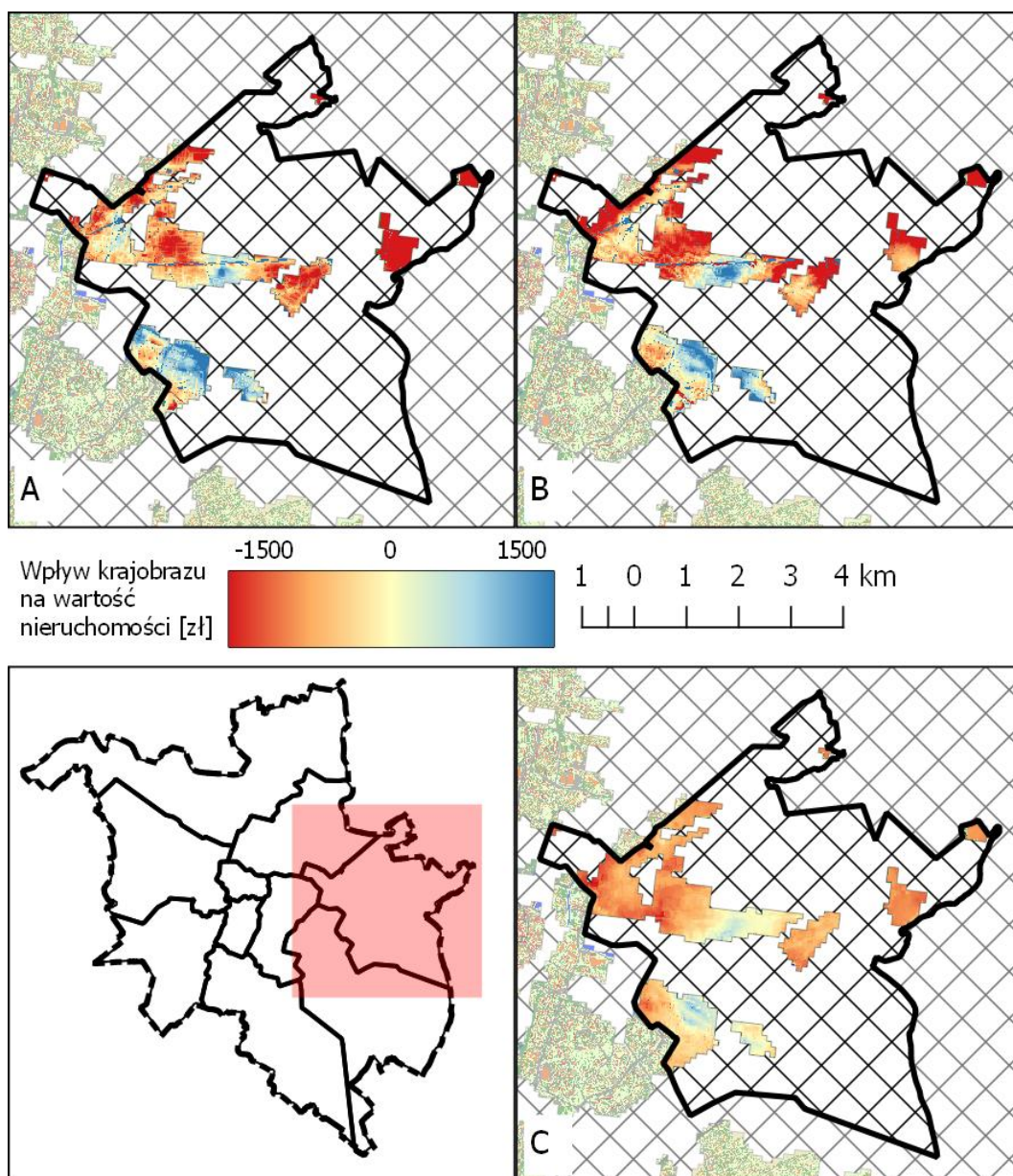


**Załącznik B**

## **Waloryzacja subrynków**

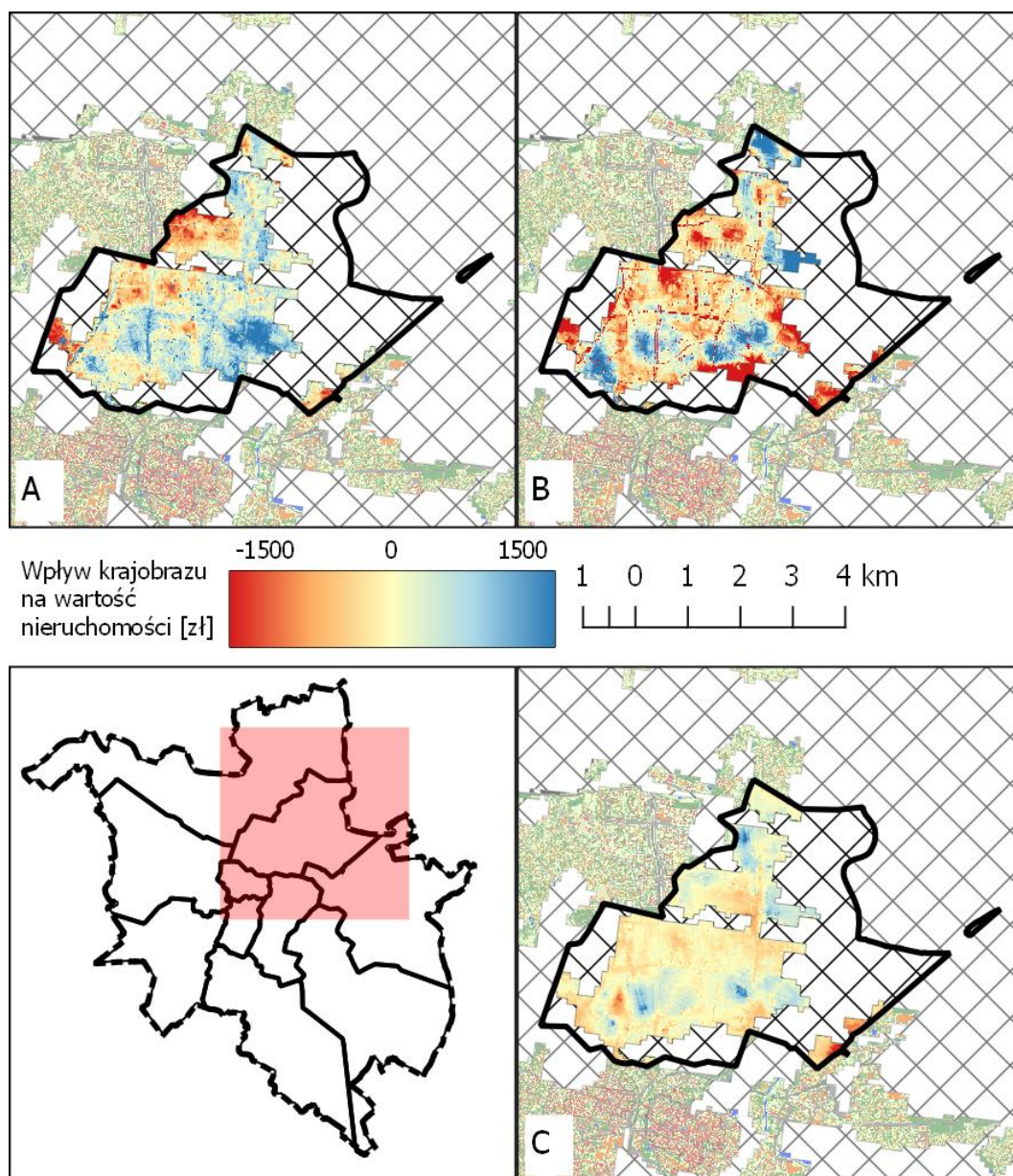


RYC. B.1: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 1 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.



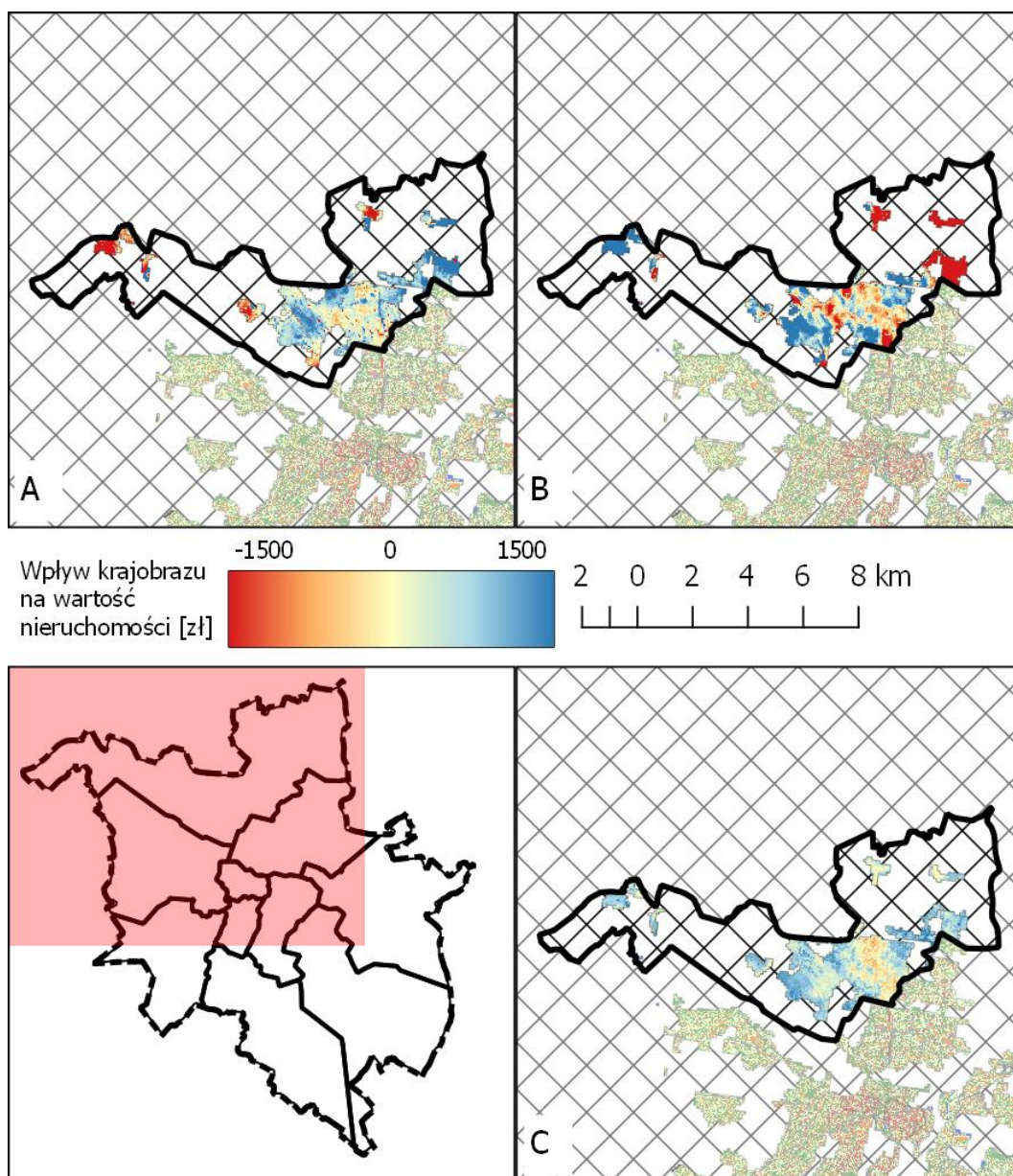
RYC. B.2: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 2 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.



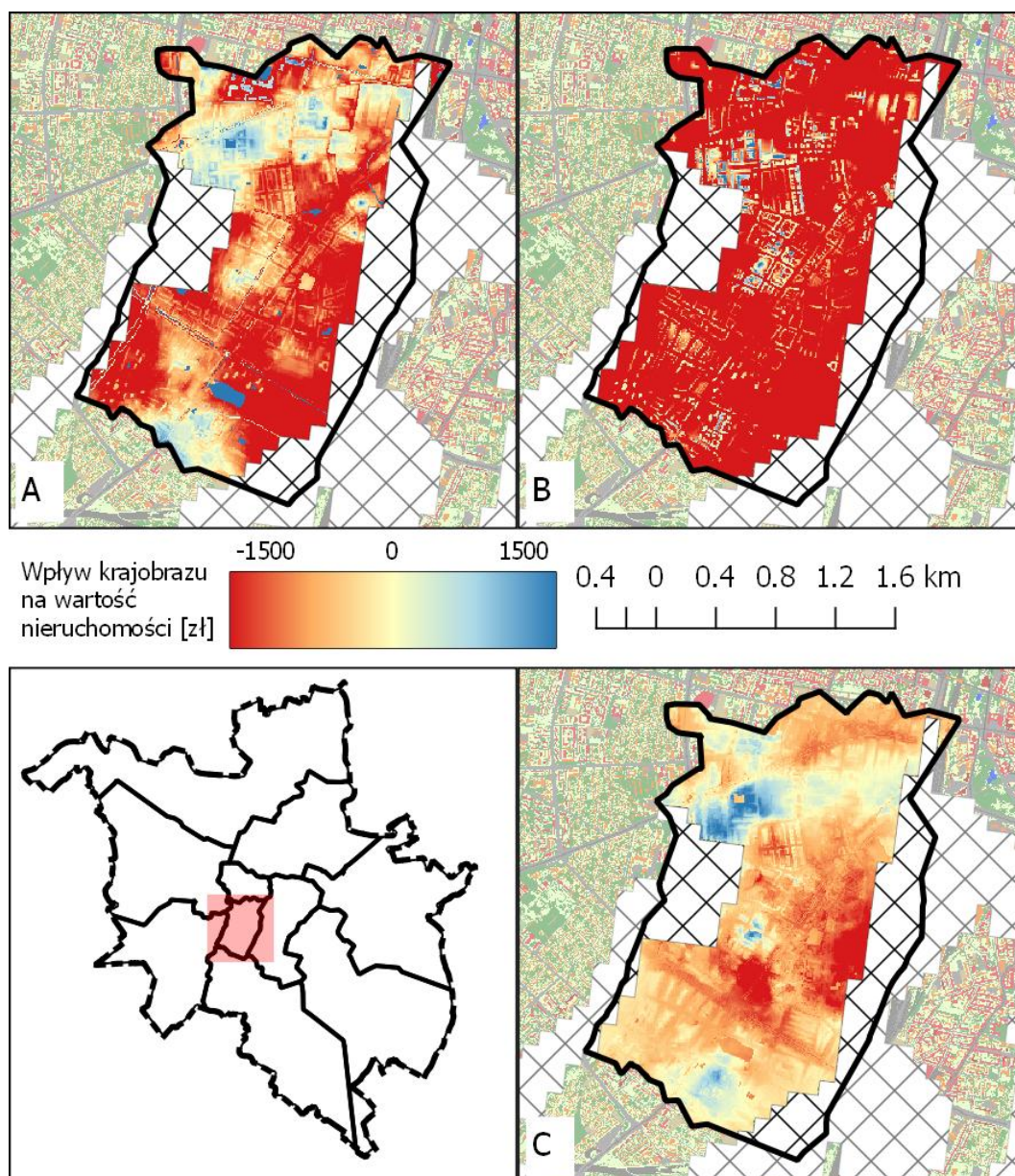


RYC. B.3: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 3 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.



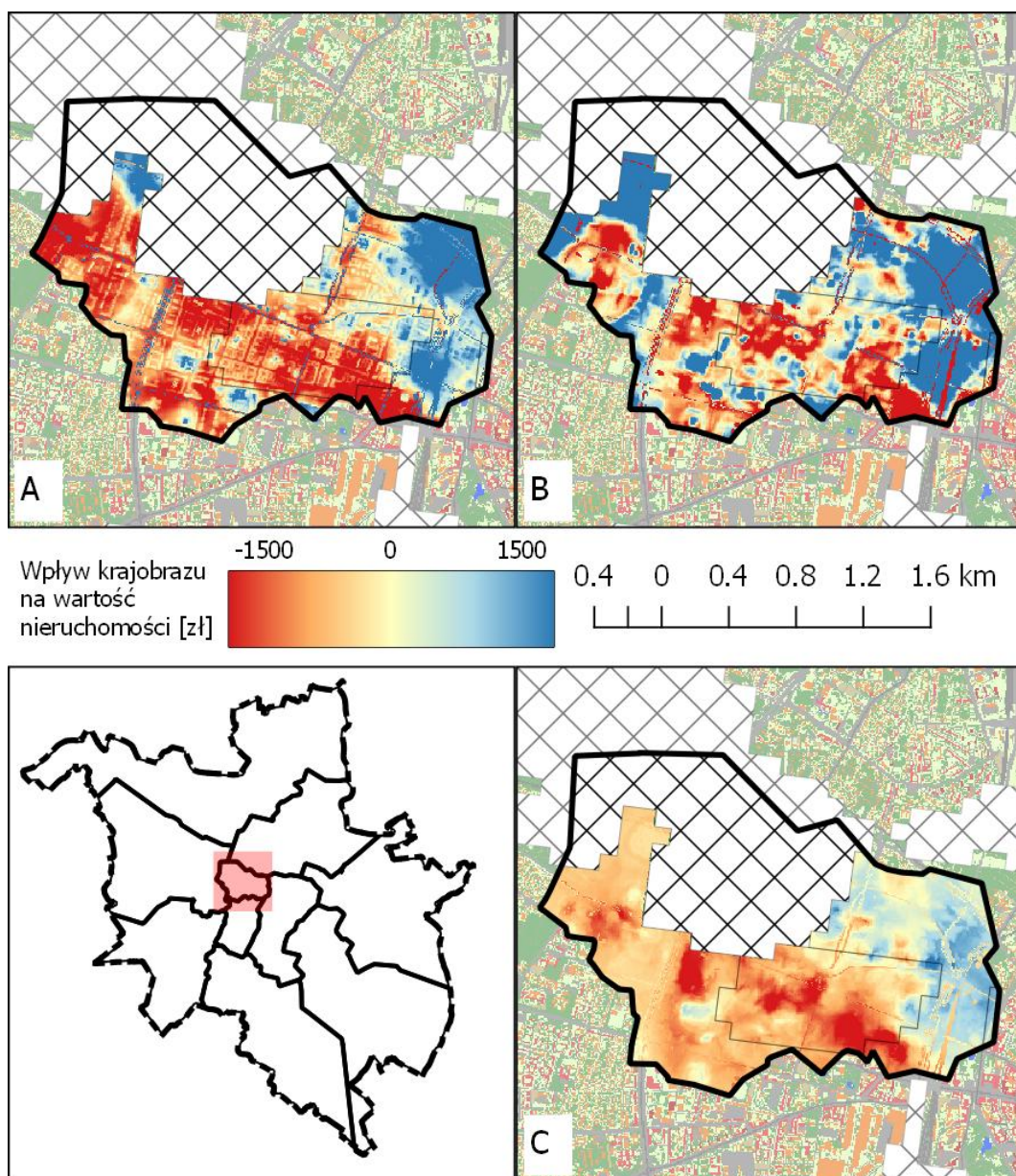


RYC. B.4: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 4 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.

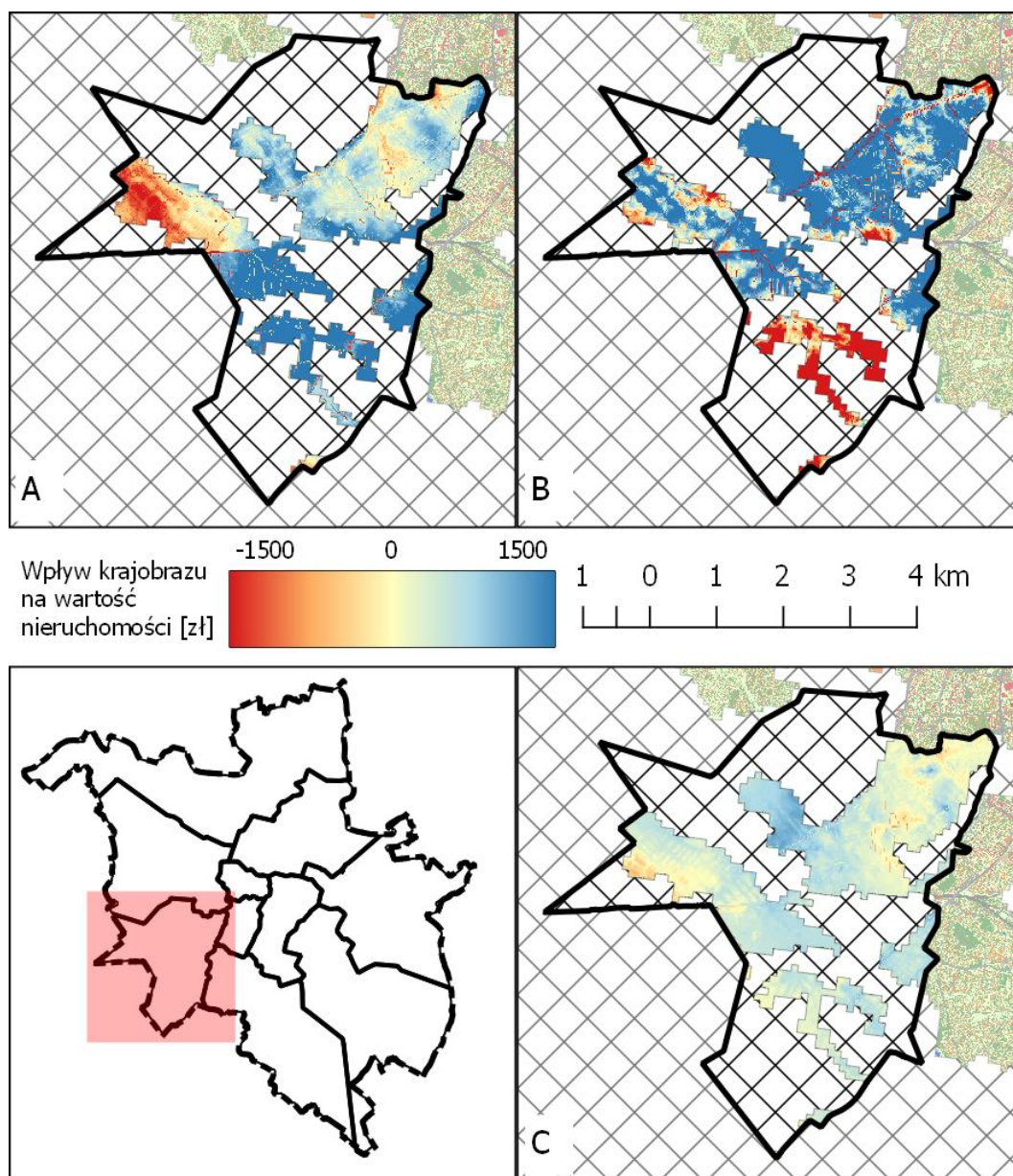


RYC. B.5: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 5 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.



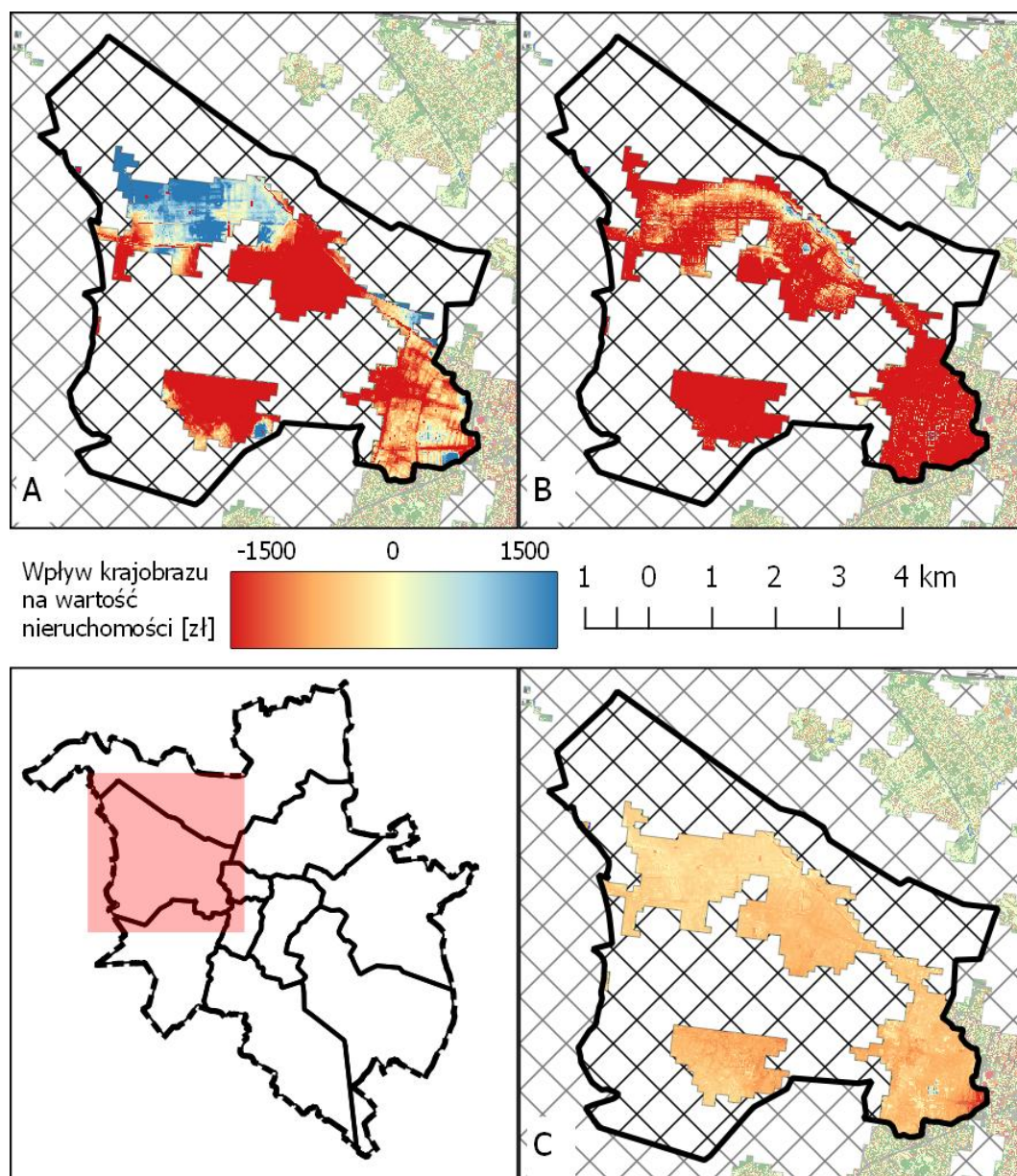


RYC. B.6: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 6 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.

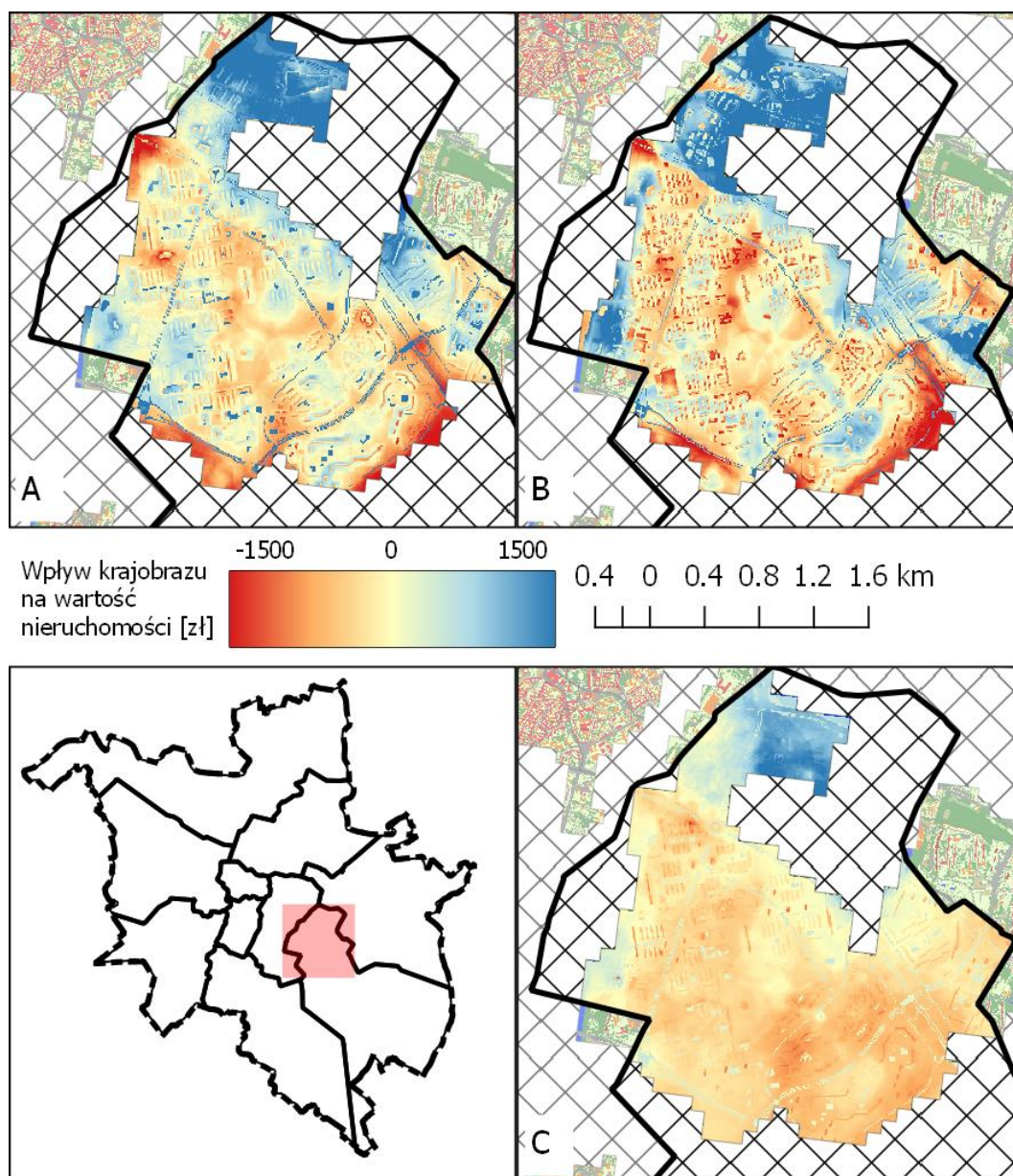


RYC. B.7: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 7 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.



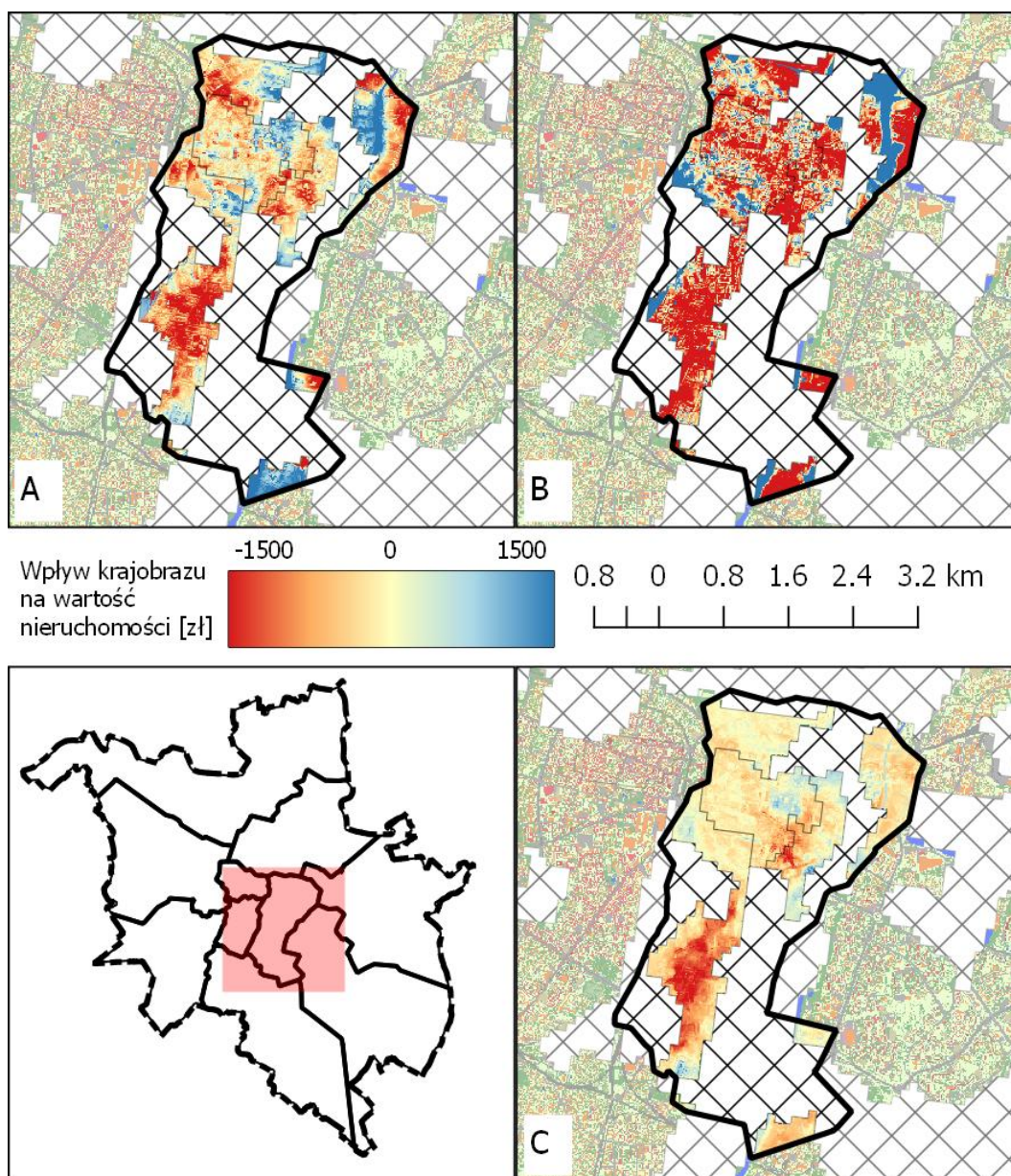


RYC. B.8: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 8 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.



RYC. B.9: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 9 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.





RYC. B.10: Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 10 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta.





# Spis rycin

1.1	Zmiany udziału liczby ludności mieszkającej w obszarach zurbanizowanych w latach 1960 - 2015 w wybranych krajach, <i>World Data Bank 2017</i> . . . . .	2
1.2	Pokrycie i użytkowanie terenu wg <i>Corine Land Cover</i> z roku 2012. Obszarem badań w niniejszej pracy jest przestrzeń zaklasyfikowana jako zabudowa miejska zwarta oraz luźna. . . . .	5
2.1	Schemat ukazujący proces podejmowania decyzji o wyborze miejsca zamieszkania. Źródło: Słodczyk i in., 2004 . . . . .	12
2.2	Wybrane powiązania w badaniach ekologii krajobrazu (źródło: Solon, 2008b). . . . .	15
2.3	Relacje 2 zmiennych . . . . .	31
2.4	Dwumianowy trend przestrzenny obliczony na podstawie cen m <sup>2</sup> transakcji kupna sprzedaży nieruchomości w Poznaniu w latach 2008-2014. . . . .	33
2.5	Wpływ czynników przestrzennych na wybór miejsca zamieszkania (źródło: Kaczmarek i in., 2017). . . . .	35
3.1	Ceny m <sup>2</sup> nieruchomości na rynku wtórnym w Poznaniu w latach 2008-2014 zestawione na podstawie Rejestru Cen i Wartości nieruchomości. Wykresy pudełkowe ukazują zróżnicowanie cen w poszczególnych latach, natomiast niebieska linia ukazuje liczbę transakcji odnotowanych w Rejestrze Cen i Wartości nieruchomości w tym samym okresie. . . . .	41
3.2	Liczba transakcji oraz ceny m <sup>2</sup> kupna/sprzedaży nieruchomości w podziale na kondygnacje, na której występowało mieszkanie. Wykresy pudełkowe ukazują zróżnicowanie cen m <sup>2</sup> nieruchomości w podziale na kondygnacje, na których występowało mieszkanie. Wykresy słupkowe prezentują liczbę transakcji w tym samym podziale. . . . .	42
3.3	Liczba transakcji kupna/sprzedaży nieruchomości na terenie Poznania w latach 2008-2014 (na podstawie Rejestru Cen i Wartości Nieruchomości) . . . . .	43
3.4	Wskaźnik gęstości płatów w obszarze zurbanizowanym wyliczony w regularnej siatce kwadratów o boku 500 m (po lewej) oraz mapa pokrycia i użytkowania terenu <i>Urban Atlas</i> (po prawej). . . . .	47
3.5	Opracowana, autorska Szczegółowa Mapa Pokrycia Terenu dla miasta Poznania . . . . .	48
3.6	Kolejność łączenia warstw podczas tworzenia Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu. Warstwy znajdujące się u szczytu schematu mają priorytet nad warstwami niżej leżącymi. W środku schematu znajdują się kategorie pokrycia terenu. . . . .	51

4.1	Procentowy udział klas pokrycia i użytkowania terenu dla obszaru miasta Poznania w roku 2007 w oparciu o zbiór <i>Urban Atlas</i> . . . . .	64
4.2	Zmiany procentowego udziału wybranych klas pokrycia terenu w Poznaniu od centrum w kierunku peryferii miasta w 2013 roku. . . . .	67
4.3	Gęstość zabudowy w Poznaniu od centrum w kierunku peryferii miasta z uwzględnieniem kierunków geograficznych w 2013 roku . . . . .	68
4.4	Gęstość roślinności wysokiej w Poznaniu od centrum w kierunku peryferii miasta z uwzględnieniem kierunków geograficznych . . . . .	69
4.5	Przestrzenne zróżnicowanie dostępności do wybranych obiektów mierzone odległością Euklidesową. Po lewej: do rzeki Warty, po prawej: do głównych dróg w mieście. . . . .	71
4.6	Przestrzenne zróżnicowanie dostępności do wybranych obiektów mierzone czasem dojazdu samochodem. Po lewej: do zabytkowych budynków, po prawej: do kościołów. . . . .	71
4.7	Przestrzenne zróżnicowanie dostępności do wybranych obiektów mierzone czasem dojazdu samochodem. Po lewej: do kin, po prawej: do centralnego węzła komunikacyjnego znajdującego się przy Moście Teatralnym. . . . .	72
4.8	Poziom korelacji Pearsona pomiędzy wybranymi elementami struktury krajobrazu w obrębie całego miasta. . . . .	72
4.9	Zróżnicowanie przestrzenne miar <i>space syntax</i> w obrębie miasta Poznania. . . . .	73
4.10	Zróżnicowanie przestrzenne ukształtowania terenu w obrębie miasta Poznania. . . . .	74
4.11	Skumulowany poziom informacji zawartej w składowych głównych. . . . .	77
4.12	Zmiana modułowości podziału na subrynki w Poznaniu. . . . .	78
4.13	Granice występowania subrynków w Poznaniu wyznaczone autorską metodą zaprezentowaną w niniejszym opracowaniu. . . . .	79
4.14	Procentowy udział pokrycia terenu w poszczególnych subrynkach Poznania obliczony na podstawie Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu. . . . .	81
4.15	Zasięg występowania subrynków 1 - Świerczewo w obszarze miasta Poznania. . . . .	81
4.16	Zasięg występowania subrynków 2 - Osiedle Warszawskie w obszarze miasta Poznania. . . . .	82
4.17	Zasięg występowania subrynków 3 - Winogrody/Naramowice w obszarze miasta Poznania. . . . .	83
4.18	Zasięg występowania subrynków 4 - Piątkowo w obszarze miasta Poznania. . . . .	84
4.19	Zasięg występowania subrynków 5 - Łazarz w obszarze miasta Poznania. . . . .	85
4.20	Zasięg występowania subrynków 6 - Jeżyce/Ogrody w obszarze miasta Poznania. . . . .	86
4.21	Zasięg występowania subrynków 7 - Junikowo w obszarze miasta Poznania. . . . .	87
4.22	Zasięg występowania subrynków 8 - Ławica w obszarze miasta Poznania. . . . .	88
4.23	Zasięg występowania subrynków 9 - Nowe Miasto w obrębie miasta Poznania. . . . .	89
4.24	Zasięg występowania subrynków 10 - śródmieście w obrębie miasta Poznania. . . . .	89

5.1	Ogólny schemat badawczy przyjęty w niniejszej pracy, składający się z trzech głównych procesów: przygotowania, modelowania i prognozowania danych . . . . .	92
5.2	Proces modelowania danych podzielony na 6 podejść - po jednym dla 3 form funkcyjnych (algorytmów uczenia maszynowego) i 2 zasięgów (modelu holistycznego dla całego miasta oraz odrębnych modeli dla każdego z subrynków). . . . .	93
5.3	Schemat doboru reprezentacji zmiennych . . . . .	96
6.1	Wykres kwantylowy dla wyników modelu regresji liniowej. . . . .	104
6.2	Oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla istotnych statystycznie zmiennych dotyczących dostępności do obiektów. . . . .	105
6.3	Oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla istotnych statystycznie zmiennych dotyczących lokalizacji i sąsiedztwa miejsca zamieszkania. . . . .	107
6.4	Oszacowane wartości współczynników kierunkowych dla istotnych statystycznie zmiennych dotyczących lokalizacji i sąsiedztwa miejsca zamieszkania. . . . .	108
6.5	Wykres kwantylowy dla wyników zgeneralizowanego modelu addytywnego. . . . .	109
6.6	Wpływ poszczególnych czynników przestrzennych na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości w procedurze modelowania addytywnego. A - logarytm czasu dojazdu samochodem do targowisk; B - logarytm odległości euklidesowej do jezior o powierzchni mniejszej niż 5 ha; C - logarytm odległości euklidesowej do rzeki Warta; D - czas dojazdu samochodem do stadionu; E - odległość euklidesowa do koszar; F - czas dojazdu do autostrady komunikacją publiczną; G - logarytm czasu dojazdu komunikacją publiczną do Starego Rynku; H - logarytm czasu dojazdu komunikacją publiczną do Katedry. . . . .	110
6.7	Wykres kwantylowy dla wyników modelu lasów losowych. . . . .	111
6.8	Wpływ wybranych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania w obrębie całego miasta. A - czas dojazdu samochodem do przedszkola; B - czas dojazdu samochodem do szkoły podstawowej; C - logarytm czasu dojazdu samochodem do centrum handlowego; D - Liczba form terenu w promieniu 50 m; E - Jednostka strukturalna; F - Udział drzew w promieniu 50 m. . . . .	112
6.9	Wpływ analizowanych zmiennych na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego w latach 2008-2014 na podstawie modeli holistycznych. A - liczba modeli, w których dana zmienna posiadała pozytywny wpływ na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości; B - liczba modeli, w których dana zmienna posiadała pozytywny wpływ na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości; C - prawdopodobieństwo, że dana zmienna posiadała negatywny wpływ na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości. . . . .	114
6.10	Wartość korelacji Pearsona dla zmiennych użytych w modelu wewnątrz subrynków nr 1. . . . .	117
6.11	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subrynków nr 1. . . . .	118
6.12	Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subrynków nr 2. . . . .	119

6.13	Oszacowany wpływ na wartość m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 2. . . . .	119
6.14	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 2. . .	121
6.15	Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 3. . . . .	122
6.16	Oszacowany wpływ na wartość m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 3. . . . .	123
6.17	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 3. . .	124
6.18	Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 4. . . . .	125
6.19	Wartość korelacji Pearsona dla zmiennych użytych w modelu wewnątrz subryнку nr 4. . . . .	125
6.20	Oszacowany wpływ na wartość m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 4. . . . .	126
6.21	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 4. . .	127
6.22	Wpływ na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych na podstawie modelu regresji liniowej czynników krajobrazowych dotyczących lokalizacji wewnątrz subryнку 4. . . . .	127
6.23	Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 5. . . . .	129
6.24	Oszacowany wpływ na wartość m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 5. . . . .	130
6.25	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 5. . .	131
6.26	Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 6. . . . .	132
6.27	Oszacowany wpływ na wartość m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 6. . . . .	133
6.28	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 6. . .	134
6.29	Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 7. . . . .	135
6.30	Oszacowany wpływ na wartość m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 7. . . . .	136
6.31	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 7. . .	137

6.32	Wartość korelacji Pearsona dla zmiennych użytych w modelu wewnątrz subryнку nr 8. . . . .	138
6.33	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 8. . .	139
6.34	Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 9. . . . .	140
6.35	Oszacowany wpływ na wartość m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 9. . . . .	141
6.36	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 9. . .	142
6.37	Oszacowana wartość współczynników kierunkowych dla zmiennych dotyczących dostępności obiektów użytych w modelu regresji liniowej wewnątrz subryнку nr 10. . . . .	143
6.38	Oszacowany wpływ na wartość m <sup>2</sup> nieruchomości wybranych zmiennych użytych w zgeneralizowanym modelu addytywnym wewnątrz subryнку nr 10. . . . .	144
6.39	Wpływ wybranych na podstawie modelu lasów losowych czynników krajobrazowych na atrakcyjność miejsca zamieszkania subryнку 10. .	145
6.40	Wpływ analizowanych zmiennych na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego w latach 2008 - 2014 na podstawie wszystkich uzyskanych modeli. A - liczba modeli, w których dana zmienna posiadała pozytywny wpływ na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości; B - liczba modeli, w których dana zmienna posiadała pozytywny wpływ na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości; C - prawdopodobieństwo, że dana zmienna posiadała negatywny wpływ na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości. . . . .	147
6.41	Jakość modeli uzyskanych w wyniku modelowania hedonicznego cen m <sup>2</sup> nieruchomości z rynku wtórnego. Wartości R <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> ) stanowią miarę współczynnika determinacji, która określa jaki procent zmienności danych tłumaczony jest za pomocą modelu. RMSE ( <i>Root Mean Square Error</i> ) - pierwiastek błędu średniokwadratowego - określająca średnią wartość błędu prognoz. MAE ( <i>Mean Absolute Error</i> ) - średni błąd bezwzględny - informuje on o ile średnio w okresie prognoz, będzie wynosić odchylenie od wartości rzeczywistej. <i>lm</i> - modele z użyciem metody regresji liniowej. <i>gam</i> - modele z użyciem zgeneralizowanego modelowania addytywnego. <i>rf</i> - modele z użyciem metody modelowania lasów losowych. . . . .	150
7.1	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej w oparciu o holistyczne modele regresji liniowej (z lewej), zgeneralizowany model addytywny - GAM (w środku) i model lasów losowych (z prawej). . . .	154
7.2	Histogramy prognozowanych przestrzennie wartości atrakcyjności krajobrazu wyliczone dla trzech zastosowanych modeli. . . . .	156
7.3	Ranking Osiedli miasta Poznania na podstawie uśrednionych wartości uzyskanych w wyniku waloryzacji przestrzennej opartej o holistyczny model lasów losowych. Od prognozowanej wartości ceny m <sup>2</sup> odjęto medianę ceny w mieście aby uzyskać względną wartość jak struktura krajobrazu wpływa na cenę m <sup>2</sup> nieruchomości. . . . .	157

7.4	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej w oparciu o subrynkowe modele regresji liniowej (z lewej), zgeneralizowany model addytywny (w środku) i model lasów losowych (z prawej). . . . .	159
7.5	Wartości korelacji Pearsona uzyskanych waloryzacji zabudowy mieszkalnej w Poznaniu. <i>rf</i> - waloryzacja na podstawie modelu lasów losowych; <i>gam</i> - waloryzacja na podstawie zgeneralizowanego modelu addytywnego; <i>lm</i> - waloryzacja na podstawie modelu regresji liniowej. . . . .	164
7.6	Wartości korelacji Pearsona pomiędzy wartościami atrakcyjności zabudowy mieszkalnej uzyskanymi za pomocą modeli subrynkowych, a korespondującymi im wartościami uzyskanymi za pomocą modeli holistycznych. . . . .	165
7.7	Współzależność liniowa pomiędzy wskaźnikiem rekomendacji uzyskanym na podstawie ankiet przeprowadzonych na próbie 3327 mieszkańców miasta z uzyskanymi średnimi wartościami atrakcyjności zabudowy mieszkalnej (model lasów losowych, rozdział 6). . . . .	166
B.1	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 1 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . . . .	218
B.2	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 2 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . . . .	219
B.3	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 3 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . . . .	220
B.4	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 4 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . . . .	221
B.5	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 5 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . . . .	222
B.6	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 6 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . . . .	223
B.7	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 7 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . . . .	224
B.8	Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 8 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . . . .	225

- B.9 Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 9 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . 226
- B.10 Atrakcyjność krajobrazu zabudowy mieszkalnej wewnątrz subryнку nr 10 uzyskana za pomocą modelu regresji liniowej (A), zgeneralizowanego modelu addytywnego (B) oraz lasów losowych (C). W dolnym lewym polu zaznaczono położenie subryнку w obrębie miasta. . 227





# Spis tabel

2.1	Wpływ wybranych cech lokalizacji na atrakcyjność miejsca zamieszkania (Xiao, 2012). . . . .	14
2.2	Wpływ wybranych cech sąsiedztwa na atrakcyjność miejsca zamieszkania (Xiao, 2012). . . . .	15
2.3	Główne różnice między koncepcjami potencjału krajobrazowego, usługami ekologicznymi (Solon, 2008a), a atrakcyjnością krajobrazu (propozycja autorska). . . . .	19
2.4	Wpływ wybranych cech strukturalnych nieruchomości na cenę m <sup>2</sup> (Xiao, 2012) . . . . .	28
2.5	Znaczenie i minimalny poziom preferencji związanych z mieszkaniem w Poznaniu. źródło: Kaczmarek i in., 2017 . . . . .	35
2.6	Ranking dzielnic z raportu OtoDOM (OTODOM, 2016) . . . . .	37
3.1	Transformacja obiektów punktowych i liniowych do reprezentacji powierzchniowych . . . . .	49
3.2	Koszt poruszania się w obrębie danego pokrycia i użytkowania terenu . . . . .	56
4.1	Zmiany w strukturze pokrycia terenu Poznania między rokiem 1990 a 2012 na podstawie <i>Corine Land Cover</i> (European Environment Agency (EEA), 2009) . . . . .	62
4.2	Procentowy udział klas pokrycia terenu Szczegółowej Mapy Pokrycia Terenu . . . . .	65
4.3	Porównanie subrynków pod kątem ich powierzchni, liczby transakcji oraz mediany ceny m <sup>2</sup> nieruchomości . . . . .	80
6.1	Wartości współczynnika determinacji R <sup>2</sup> oraz liczby istotnych statystycznie zmiennych dla modeli regresji liniowej, zgeneralizowanych modeli addytywnych oraz lasów losowych w podziale na subrynki. . . . .	116
A.1	Wszystkie zmienne . . . . .	190